PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 8. 15. Januar 1903. 4. Jahrgang.

Redaktionsschluss für No. 9 am 21. Januar 1903.

INHALT.

Originalmitteilungen:
G. W. Stewart, Eine empfindliche Flamme. S. 225.
A. Gleichen, Über einen allgemeinen Satz der geometrischen Optik. S. 226.
A. Hagenbach und H. Konen, Über das Bandenspektrum des Stickstoffs bei Atmosphärendruck. S. 227.
W. Schwarze, Über die Wärmeleitung von Argon und Helium. S. 229.
J. B. Whitehead jr., Über die magnetische Wirkung elektrischer Verschiebung. S. 229.
Frau Curie, Über den radioaktiven Stoff „Polonium". S. 234.
E. Rutherford, Die magnetische und elektrische Ablenkung der leicht absorbierbaren Radiumstrahlen. S. 235.
Mitteilungen aus dem physikalisch-mechanischen Institute von Prof. Dr. M. Th. Edelmann:
No. 3: M. Th. Edelmann, Funkenmikrometer. S. 240.
L. Finzi, Untersuchung über das Selbsterregen der dynamo-elektrischen Maschinen. II. Teil. S. 241.
Vorträge und Reden:
E. Boltzmann, Zwei Antrittsreden. (I. Teil.) S. 247.
Tagesereignisse. S. 256.
Personalien. S. 256.

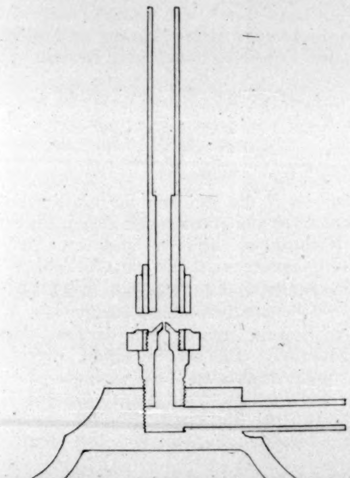
ORIGINALMITTEILUNGEN.

Eine empfindliche Flamme.

Von G. W. Stewart.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass ein Bunsenbrenner als empfindliche Flamme wirkt, wenn der Gasdruck so klein gemacht wird, dass die Flamme auf dem Punkte des „Herunterschlagens" oder Ausgehens sich befindet.

Durch Zufall fand der Verfasser, dass die Flamme eines Bunsenschen Acetylenbrenners unter des weiteren näher angegebenen Umständen ganz ausserordentlich empfindlich war. Der benutzte Brenner war bei der Firma J. B. Colt & Co. in New York gekauft. Beigefügte Figur ist ein im richtigen Massstab gezeichneter Querschnitt. Die Abzugsöffnung für das Acetylen misst etwa 0,62 mm im Durchmesser, die Höhe der Röhre über dieser Öffnung 8,1 cm bei einem Durchmesser von 5,7 mm, während die vier Öffnungen für den Luftzutritt einen Durchmesser von 4,5 mm besitzen.



Bei der Ausführung vorliegender Versuche wurde ein Sperrhahn aus Glas zur Regulierung des Druckes, Gummischläuche von 5 und 1 m Länge zwischen Sperrhahn und Brenner und ein Druckmesser in Verbindung mit dem Brenner verwandt.

Der Sperrhahn wurde gedreht, bis der Druck 1,64 cm Wasser betrug. Dann besass die Flamme einen etwa 3 cm hohen leuchtenden und einen um 3 cm höheren nichtleuchtenden Kegel. Dies ist das Verhältnis, bei dem die Empfindlichkeit am grössten war. Das von einem irgendwo im Zimmer ($6 \times 8 \times 3$ m) auf die Diele fallenden Streichholz hervorgebrachte Geräusch genügte, um die Flamme zu einem ausgeprägten Zucken zu bringen. Diese plötzliche Veränderung wurde in bequemster Weise festgestellt, indem man die Verminderung der Lichtintensität an den weissen Wänden des Zimmers beobachtete. Das Geräusch, das durch das Schütteln eines Schlüsselbundes oder einen zischenden Laut hervorgebracht wurde, hatte anscheinend wenig oder gar keine Wirkung. Wenn man einen Ton in der Nähe von c^3 (do_5; 1034 vollständige Schwingungen in der Sekunde) pfiff, so reagierte die Flamme auf den ersten Anstoss. Wenn der Ton angehalten wurde, nahm die Flamme wieder so ziemlich ihre Normalstellung ein. In der Nähe dieser Note schien die Flamme für eine Reihe von mehreren Tönen ganz besonders empfindlich zu sein. So war es mir denn unmöglich, so schwach zu pfeifen, dass die Flamme nicht eine merkliche Veränderung gezeigt hätte, wenn sie vom ersten Impuls getroffen wurde. Bei diesem Versuch stand ich etwa 4 m vom Brenner entfernt. Hieraus geht hervor, dass die Flamme für sehr hohe Töne nicht empfindlich ist, auf

einen fortgesetzten Ton nicht reagiert und in ihrer Wirkungsweise selektiv ist.

Wenn der Druck von 1,64 cm auf 1,18 cm Wasser herabgesetzt wurde, so zeigte sich die Flamme weniger empfindlich, konnte aber in noch auffälligerer Weise funktionieren. Zum Beispiel brachte manchmal ein Streichholz, das man in einer Entfernung von 1—2 m vom Brenner auf den Boden fallen liess, die Flamme zum Erlöschen.

Die Länge des zwischen Sperrhahn und Brenner angebrachten Gummischlauches schien keinen Einfluss zu haben.

Zu bemerken ist, dass die Wellenlänge des Tones c^3 etwa 33,2 cm, d. h. den vierfachen Wert der Länge des Brennerrohres beträgt. Versuche zur Feststellung, ob Resonanz der Röhre die Ursache der selektiven Wirkung ist, wurden nicht angestellt. Rayleighs Versuche[1]) mit einer langen Hochdruckflamme aus einem Stecknadelbrenner zeigen, dass eine empfindliche Flamme nicht an den Knoten, sondern an den Schwingungsbäuchen einer stehenden Welle eine Einwirkung erfährt. Dies würde darauf hindeuten, dass hier kein Fall von Resonanz vorliegt; es müsste denn sein, dass beim Pfeifen der Note c^3 der Oberton c^4 die Flamme affizierte.

Die Form des benutzten Brenners zu vervollkommnen, wurde nicht versucht.

1) Phil. Mag. **7**, 153, 1879.

Physikalisches Laboratorium, Cornell University, Dezember 1902.

(Aus dem Englischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 10. Dezember 1902.)

Über einen allgemeinen Satz der geometrischen Optik.

Von A. Gleichen.

Auf der letzten Naturforscherversammlung hat Herr R. Straubel (Jena) folgenden allgemeinen Satz der geometrischen Optik bekannt gegeben (vgl. 4. Jahrg. S. 114—117 dieser Zeitschrift):

I. Der Satz für „ebene" Büschel.

Von einem Punkte gehe ein unendlich dünnes, ebenes Büschel mit dem Öffnungswinkel dw aus, das an einer beliebigen Stelle seiner nach dem Prinzip der kürzesten Zeit konstruierten Bahn die lineare Breite ds besitzen soll. Wir lassen dann umgekehrt von einem Punkte des Linienelements ds' ein zweites, unendlich dünnes ebenes Büschel in der durch ds' und die Bahn im zweiten Punkte gelegten Ebene ausgehen und zwar so, dass die Achsen zusammenfallen. Der Winkel dieses Büschels im zweiten und die lineare Breite im ersten Punkte seien dw' resp. ds. Dann lautet der Satz:

$$1)\qquad n\,ds\,dw = n'\,ds'\,dw',$$

wo n und n' die Brechungsexponenten des Mediums im ersten und zweiten Punkte sind.

Steht das Linienelement (jetzt dl genannt) nicht senkrecht zum Büschel, sondern bildet seine Normale mit diesem den Winkel w, so lautet der Satz:

$$2)\qquad n\cos w\,dw\,dl = n'\cos w'\,dw'\,dl'.$$

II. Satz für räumliche Büschel.

Setzen wir an Stelle der ebenen Büschel zwei räumliche mit den Öffnungswinkeln $d\omega$ und $d\omega'$ und bezeichnen ihre Querschnitte in den beiden Punkten mit dq und dq', so lautet der entsprechende Satz:

$$3)\qquad n^2 d\omega\,dq = n'^2 d\omega'\,dq'.$$

Bildet die Normale des Flächenelementes (jetzt mit df bezeichnet) mit dem Büschel den Winkel ϑ; so tritt an die Stelle der letzten Gleichung:

$$4)\qquad n^2\cos\vartheta\,d\omega\,df = n'^2\cos\vartheta'\,d\omega'\,df'.$$

Diese Sätze haben zur Voraussetzung, dass das Prinzip der kürzesten Zeit gilt, d. h. dass die Richtungsänderung der Strahlen immer nach dem Gesetze $n\sin\alpha = n'\sin\beta$ erfolgt, wenn man kurz mit α und β Einfallswinkel und Brechungswinkel an einer Fläche und mit n und n' hier die Brechungsexponenten in den durch die betreffende Fläche voneinander abgegrenzten Medien bezeichnet.

Man kann nun die Voraussetzung der kürzesten Lichtwege fallen lassen und gelangt zu einer der Formel 4) analogen Beziehung:

$$5)\qquad \cos\vartheta\,d\omega\,df = \varepsilon\cdot\cos\vartheta'\,d\omega'\,df'$$

wo

$$\varepsilon = \Pi\frac{d\cos 2\alpha}{d\cos 2\beta}$$

ist.

Hier ist Π das Zeichen für ein Produkt ausgedehnt über alle Flächen, an denen die Strahlen ihre Richtungen ändern und an Stelle des Brechungsgesetzes ist ein ganz beliebiger Funktionalzusammenhang zwischen Einfallswinkel α und Brechungswinkel β vorausgesetzt.

Der Beweis ergiebt sich daraus, dass man das räumliche Bündel in einen meridionalen und einen sagittalen Teil zerlegt. Für jeden dieser Teile gelten dann Sätze, die analog dem von Straubel für ebene Bündel angegebenen Satze 1) sind, nämlich für den meridionalen Teil:

$$6)\qquad \frac{ds\,dw}{\Pi\cos\alpha\,d\alpha} = \frac{ds'\,dw'}{\Pi\cos\beta\,d\beta}$$

für den sagittalen Teil

$$7)\qquad \frac{ds\,dw}{\Pi \sin\alpha} = \frac{d\bar{s}\,d\bar{w}}{\Pi \sin\beta},$$

wobei die letzteren Grössen durch Überstreichen von den ersteren analogen Grössen unterschieden sind.

Lässt man jetzt die senkrecht aufeinander stehenden Linienelemente ds und ds für einen bestimmten Querschnitt eines Raumbündels im Objektraum, $d\bar{s}$ und $d\bar{s}$ für einen solchen im Bildraum gelten, so sind einerseits die Produkte $ds\,ds$ und $d\bar{s}\,d\bar{s}$ den Flächenelementen $df\cos\vartheta$ und $d\bar{f}\cos\bar{\vartheta}$ und andererseits die Produkte $dw\,dw$ und $d\bar{w}\,d\bar{w}$ den Raumwinkeln $d\omega$ und $d\bar{\omega}$ proportional. Durch Multiplikation von 6) und 7) entsteht demnach:

$$8)\qquad dq\cos\vartheta\,d\omega = d\bar{q}\cos\bar{\vartheta}\,d\bar{\omega}\,\Pi\frac{d\cos 2\alpha}{d\cos 2\beta}.$$

Wie man sieht, geht für die gewöhnliche Brechung Gleichung 8 in Gleichung 4 über. Wird aber z. B. die Strahlung durch das Licht der ungewöhnlichen Brechung an ein und zweiachsigen Krystallen vermittelt, so gelten die Straubelschen Sätze nicht mehr.

Um ein einfaches Beispiel zu geben, lassen wir die Strahlung erfolgen aus einem isotropen Medium durch eine ebene Begrenzungsfläche eines einachsigen Krystalls, die senkrecht zur optischen Achse ist.

Hat die Wellenfläche im isotropen Medium die Gleichung:

$$x^2 + y^2 + z^2 = \frac{1}{p^2}$$

und im doppelbrechenden für den ausserordentlichen Strahl, bezogen auf die z-Achse als Rotationsachse:

$$n^2(x^2 + y^2) + m^2 z^2 = 1,$$

so hängt jetzt der Koeffizient ε in Gleichung 5 ausser von den drei Brechungsexponenten $p\,n\,m$ auch noch von dem Einfallswinkel α der Büschelachse ab, und zwar erhält man:

$$\varepsilon = \left(\frac{n^2}{p\cdot m} + \frac{(m^2 - n^2)p}{n^2\cdot m}\sin\alpha^2\right)^2.$$

(Eingegangen 31. Dezember 1902.)

Über das Bandenspektrum des Stickstoffs bei Atmosphärendruck.

Von A. Hagenbach und H. Konen.

Das Bandenspektrum des Stickstoffs ist in allerletzter Zeit wiederholt Gegenstand von Untersuchungen gewesen. Cuthberson[1]), Deslandres[2]) und Hermesdorf[3]) haben die Anordnung der Banden und Triplets mit Rücksicht auf die von Deslandres aufgestellten Gesetze geprüft. Hutchins[1]) fand unter besonderen Umständen im Spektrum des Bogens Banden bei 3914, 4278 und 4606, die er merkwürdigerweise glaubte dem Cyan zuschreiben zu müssen; er erhielt dieselben Banden auch im Spektrum von Funken, besonders wenn er Kobaltelektroden anwandte. Demgegenüber wurde von verschiedenen Seiten gezeigt, dass es sich um Stickstoffbanden handelt und zwar um solche des „negativen" Bandenspektrums. Crew und Baker[2]) fanden das Band 3914 im Funkenspektrum des Aluminiums in Stickstoffatmosphäre, das Band 3371 in verschiedenen Metall-Funkenspektren, wenn keine Kapazität eingeschaltet war; endlich fanden sie die Banden bei 3371 und 3158, wenn unmittelbar nach dem Erlöschen eines Kohlebogens kondensierte Funken zwischen den noch weissglühenden Kohlespitzen überschlugen. Schliesslich haben Lewis und King[3]) die Bande 3914 auf der Platte von Hutchins gemessen und dieselbe in vollkommener Übereinstimmung gefunden mit den von Deslandres für das Stickstoffbandenspektrum gegebenen Wellenlängen. Es zeigte sich dabei, dass noch auf älteren Aufnahmen von King, die dieser bei Gelegenheit seiner Untersuchung des Cyanspektrums im Bogen gemacht hatte, die Linien zu sehen waren, die anscheinend der Stickstoffbande bei 3914 angehören.

Wir haben nun bei Gelegenheit von Aufnahmen von Funkenspektren Beobachtungen über das Auftreten von Stickstoffbanden gemacht, die noch über die Wahrnehmungen Crews, Bakers und anderer hinausgehen und zeigen, dass unter Umständen nicht nur die negativen, sondern auch die positiven Stickstoffbanden erhalten werden können, wenn auch zwischen dem Spektrum bei Atmosphärendruck und demjenigen in Geisslerröhren eine Reihe merkwürdiger Unterschiede bestehen. Ausser dem Spektrum des Stickstoffes beobachteten wir regelmässig das Bandenspektrum des Wasserdampfes und zwar vor allem die Bande bei 3063.

Als Lichtquelle diente der Funke eines Induktoriums zwischen Elektroden aus Messing oder anderen Metallen. In den Stromkreis konnte Kapazität und Selbstinduktion von wechselnder Grösse eingeschaltet werden. Die Aufnahmen wurden mit einem kleinen Rowlandschen Konkavgitter gemacht, dessen Aufstellung kürzlich von einem von uns beschrieben worden ist.[4]) Dies hatte zur Folge, dass unsere Photographien nur bis 5500 aufwärts reichen. Als Vergleichs-

1) Cl. Cuthberson, Phil. Mag. (6) **3**, 348–353, 1902.
2) H. Deslandres, C. R. **134**, 747–750, 1902.
3) J. Hermesdorf, Dissert. Bonn 1902.

1) C. C. Hutchins, Astrophys. J. **15**, 310–312, 1902.
2) H. Crew und C. Baker, Astrophys. J. **16**, 61–72, 1902.
3) P. Lewis und A. S. King, Astrophys. J. **16**, 162 bis 166, 1902.
4) H. Konen, Ann. d. Phys. **9**, 748, 1902.

lichtquelle benutzten wir eine mit Quarzstöpsel verschlossene Schumannsche Röhre, die mit gewöhnlicher Luft von etwa 4 mm Druck gefüllt war. Sie gab mit oder ohne Kapazität oder Selbstinduktion dasselbe Spektrum. Da die Röhre zur Längsdurchsicht eingerichtet und mit cylindrischen Elektroden versehen ist, wirken gleichzeitig sämtliche Teile der Röhre mit. Das erhaltene Spektrum besteht im wesentlichen aus der zweiten der Gruppen, in die Deslandres das Bandenspektrum des positiven Poles eingeteilt hat. Dazu kommen die Banden des negativen Poles, die indes schwächer sind, weiter das Bandenspektrum des Wasserdampfes sowie die Wasserstofflinien. Die dritte Gruppe von Deslandres fehlt; unterhalb 2813 erhielten wir nur noch Spuren von Linien. Oberhalb 4800 beginnt die erste Gruppe Deslandres, die jedoch nicht genauer geprüft wurde, da wir im Funken nichts davon erhielten. Bei längerem Gebrauch der Röhre verschwand allmählich der Stickstoff; das Linienspektrum der Luft trat immer intensiver hervor und gleichzeitig machten sich die in Luft enthaltenen Verunreinigungen bemerkbar, besonders zeigten sich die Spektren des Cyans und des Wasserstoffes, während das Bandenspektrum des Wasserdampfes verblasste.

Das Spektrum des Funkens verhielt sich verschieden je nach den Umständen. Ohne Kondensator und Selbstinduktion tritt bei kleiner Funkenstrecke bekanntlich die geräuschlose, flammenartige Entladung auf, die „Stickstoffflamme". Zwischen den Elektroden sieht man eine gelbrötliche Aureole, deren Licht hauptsächlich von dem in der Luft enthaltenen Natrium herrührt. Ausserdem sieht man, wenn auch schwach, die Stickstoffbanden im Spektrum. Die Metalllinien fehlen entweder gänzlich oder beschränken sich auf die stärksten des betreffenden Spektrums. Die Aureole kann durch Luftzug oder magnetische Einwirkung zur Seite geblasen werden. Alsdann kommen in der direkten Funkenbahn die Linien der Luft und des Metalles zum Vorschein. Bei dem geschilderten Vorgang erhitzen sich die Elektroden, besonders die positive, bis zum Schmelzen. Man bemerkt an ihnen violette Punkte, die dem positiven Glimmlicht in Geisslerröhren ähnlich sehen. In der That liefern jene ein Spektrum, das im grossen und ganzen mit demjenigen übereinstimmt, das man bei etwa 4 mm Druck in Geisslerröhren mit gewöhnlicher Luft erhält. Auf den Photographien, deren Reproduktion ohne Vergrösserung nicht wohl möglich ist, sieht man alle Übergänge vom „Bandenfunken" zum gewöhnlichen Funken. In einem Falle ist z. B. die Zusammensetzung des Funkenspektrums bei Atmosphärendruck dieselbe, wie bei dem geringen Druck. Ausser den Banden der zweiten Gruppe des positiven Spektrums bemerkt man die Banden des negativen Spektrums und die Wasserbanden.

Indes ist die Übereinstimmung keineswegs vollkommen. Die einzelnen Banden sind in beiden Spektren verschieden stark. Das negative Bandenspektrum ist bei Atmosphärendruck relativ stärker. Ferner macht sich ein anderer Intensitätsabfall in den Banden bemerkbar: dieselben klingen bei 4 mm viel stärker ab. Zuweilen ist eine Kante im Spektrum der Röhre stärker als im Spektrum des Funkens; verfolgt man dann die Bande, so gelangt man an eine Stelle, wo beide Banden gleich stark sind; geht man noch weiter, so überwiegt das Spektrum des Funkens. Besonders merkwürdig erscheint es uns, dass sogar die Serien jeder Bande und jede einzelne Bande in anderer Weise beeinflusst werden. Bekanntlich gehen von jeder Kante des positiven Stickstoffbandenspektrums drei Serien von Linien aus, deren Glieder sich je nach der Ordnungszahl in verschiedener Weise zu Triplets zusammenordnen. Es scheint nun vorwiegend die, von der Kante aus gezählt, erste dieser Serien zu sein, die beeinflusst wird. Auf den Photographien findet man im Verlauf der Bande nur noch Paare statt Triplets und die erste Linie an der Kante fehlt entweder gänzlich oder besitzt doch eine bedeutend verringerte Intensität. Ähnlich geht es mit einzelnen vollständigen Banden, die im Funkenspektrum bis zum Verschwinden geschwächt sind. Wir beabsichtigen, auf das Detail dieser Unterschiede demnächst ausführlicher zurückzukommen.

Besonders ansehnlich und glänzend wurde der „Bandenfunke" bei Verwendung eines grossen Induktoriums von Klingelfuss, das 1 m lange Funken giebt. Wir bemerkten dabei sehr häufig auch geschichtete Entladungen, die die Ähnlichkeit mit einer Entladung in einer Geisslerröhre noch täuschender machten. Doch benutzten wir wegen der Länge der erforderlichen Exposition durchgängig ein kleineres Induktorium, dessen Unterbrecher keiner dauernden Überwachung bedurfte.

Bei ganz kurzer Funkenstrecke war es gleichgültig, aus welchem Metall die Elektroden bestanden. Dies änderte sich bei Verlängerung des Funkens, wie schon von Hemsalech[1]) u. a. bemerkt worden ist. Neben zahlreichen anderen Metallen verwendeten wir meist Messing. Je grösser dann die Funkenstrecke war, je grössere Kapazität wir anhängten, und je kleiner die Selbstinduktion war, um so mehr verblasste das Stickstoffbandenspektrum. Zuerst verschwanden die positiven Banden; nur die negativen allein blieben sichtbar; dann gingen auch diese zurück, in dem Masse, wie die Linien des Linien-

1) J. A. Hemsalech, Recherches expérimentales sur les spectres ect. Paris 1901.

spektrums an Stärke gewannen. Wir wollen nur zwei Stadien dieses Weges hervorheben. Das eine wird bezeichnet durch eine Aufnahme des Funkenspektrums des Zinks mit kleiner Kapazität und grosser Selbstinduktion. Die Banden bei 3914 und 4278 sind im Funkenspektrum stark zu sehen; von den positiven Banden sind nur Spuren da. Im letzten Stadium, bei grosser Kapazität, bemerkt man endlich allein noch eine ganz schwache Andeutung der negativen Bande bei 3914. Es versteht sich, dass die Geisslerröhre stets mit derselben Kapazität u. s. w. betrieben wurde wie die Funkenstrecke.

Die Beobachtung, dass man auch bei Atmosphärendruck Stickstoffbanden erhalten kann, ist seit van der Willigen von zahlreichen Beobachtern von Funkenspektren gemacht worden.[1]) Die genauesten Angaben darüber findet man bei Eder und Valenta und bei Deslandres[2]), der auch zuerst schon bemerkt hat, dass zugleich die Banden des Wasserdampfes auftreten. In letzter Zeit haben dann Hemsalech und andere erneut darauf hingewiesen. Crew[3]) giebt an, er habe keine Beschreibung der Stickstoffbanden finden können, wie sie in Luft bei Atmosphärendruck auftreten. In der That sind die älteren Beobachtungen lediglich mit geringer Dispersion und mit dem Auge gemacht; sie sind unbestimmt und bei der Beschreibung der neueren fehlt es gänzlich an Angaben über den Umfang und die Bedingungen des Auftretens der Banden. Die bedeutenden Unterschiede beider Arten von Spektren je nach dem Drucke sind, soviel uns bekannt, bisher nicht bemerkt worden. Sie scheinen uns näherer Prüfung wert. Der nahe liegenden Versuchung, das Verhalten des Stickstoffspektrums in Beziehung zu setzen zu den Phasen und der Temperatur der Entladung und der Elektroden, glauben wir wegen der Unsicherheit die noch auf diesem Gebiete herrscht, widerstehen zu müssen.

1) V. S. M. v. d. Willigen, Pogg. Ann. **106**, 610 bis 632, 1859.
2) J. M. Eder u. E. Valenta, Denkschr. Wien. Akad. **60**, 1893; Deslandres, Ann. chim. phys. (6) **15**, 1—86, 1888, S. 40.
3) Crew und Baker, l. c, S. 68.

Bonn, physikalisches Institut.

(Eingegangen 25. Dezember 1902.)

Über die Wärmeleitung von Argon u. Helium.[1])

Von Walther Schwarze.

Im 3. Jahrg., Seite 264 dieser Zeitschrift, habe ich als vorläufige Werte des Wärmeleitungskoeffizienten von Luft und Argon bei 0° $0{,}0_4572$ und $0{,}0_4392$ angegeben. Nach Anbringung der in Aussicht gestellten Korrektionen erhielt ich für

Luft	Argon
$k_0 = 0{,}00005690$	$k_0 = 0{,}00003894$.

Benutzt man den Wert für Argon, um aus der Formel der kinetischen Gastheorie

$$k = f \cdot \eta \cdot c_v$$

(η Reibungskoeffizient, c_v spez. Wärme bei konst. Volum) den Koeffizienten f zu ermitteln, so folgt

$$f = 2{,}501,$$

während Conrau und Neugebauer[1]) theoretisch $f = 1{,}6027$ fanden.

In neuester Zeit habe ich auf Anregung des Herrn Professor Dorn nach derselben Methode[2]) auch die Wärmeleitung von Helium untersucht und für 0° gefunden:

Helium

$$k_0 = 0{,}0003386.$$

Das benutzte Helium[3]) war frei von H, O, N, C und besass nur eine geringe Beimengung wahrscheinlich von Neon. Seine Dichte war 2,083 bezogen auf $O = 16$ (reines $He = 1{,}98$).[4])

Der Reibungskoeffizient von Helium ist an demselben Material von H. Schultze[5]) für 0° gefunden $\eta = 0{,}0001891$. Die spez. Wärme bei konstantem Volumen ermittle ich aus den Beziehungen:

$$\frac{c_p}{c_v} = \mathfrak{k} \text{ und } c_p = \frac{\mathfrak{k}}{\mathfrak{k}-1} \cdot \frac{R}{E}.$$

Für einatomige Gase ist $\mathfrak{k} = 1{,}667$ und R ist gleich $29{,}27/0{,}1439$, da die Dichte des benutzten Heliums bezogen auf Luft $= 0{,}1439$ ist. E ist das mechanische Wärmeäquivalent $= 424$.

Setzt man die Werte für k_0, η_0, und c_v in die oben genannte Formel ein, so erhält man für den Faktor f den Wert:

$$f = 2{,}49_0.$$

Ich finde demnach durch die Untersuchung des Heliums meine frühere Angabe bestätigt, dass der Koeffizient f für einatomige Gase nahe 2,50 ist.

1) O. E. Meyer, Die kinetische Theorie der Gase. 2. Aufl. Math. Zusätze 1899.
2) Schleiermacher, Wied. Ann. **34**, 623. 1888.
3) Von H. Schultze hergestellt, Ann. d Phys. **5**, 302, 1901 und von mir noch einmal gereinigt; Dichte neu bestimmt.
4) W. Ramsay u. M. Travers, Zeitschr. f. Physik. Chem. **35**, 634, 1900.
5) l. c.

1) Mitteilung aus dem Physikal. Institut der Universität Halle a. S.

Halle a. S., den 6. Januar 1903.

(Eingegangen 7. Januar 1903.)

Über die magnetische Wirkung elektrischer Verschiebung.

Von John B. Whitehead jr.

In der Entwickelung seiner Theorie des elektromagnetischen Feldes nimmt Maxwell an, dass die Erscheinung der Polarisation in

einem Dielektrikum in einer wirklichen Fortpflanzung oder Verschiebung einer Ladung in der Richtung der Polarisation besteht; dass z. B. für den Fall der Ladung eines Kondensators diese Verschiebung einem Strome gleichwertig ist, der in jedem Augenblicke dem Betrag der Änderung der Oberflächenladung auf einer der Platten gleich ist, d. h.

$$q = \frac{K}{4\pi}\frac{dF}{dt},$$

wo q = der Stromdichte, K = der Dielektrizitätskonstante und F = der Potentialdifferenz pro Längeneinheit ist und dass daher der Strom durch den ganzen Schliessungskreis hindurch kontinuierlich ist. Er nimmt weiter an, dass der Verschiebungsstrom die gleiche magnetische Wirkung hervorbringt wie ein Leitungsstrom der Dichte

$$q = \frac{K dF}{4\pi\, dt},$$

so dass für den Fall des Kondensators die magnetische Wirkung in der Umgebung, die bei jeder Ladungsänderung eintritt, der vereinigten Wirkung des Stromes in den ladenden Drähten und dem Verschiebungsstrom im Dielektrikum zu verdanken sei.[1])

Die direkte magnetische Wirkung der Verschiebungsströme ist jedoch nie in befriedigender Weise, wenn überhaupt, beobachtet worden; die veröffentlichten Versuche in dieser Richtung scheinen sich zu beschränken auf Röntgen[2]), S. P. Thompson[3]), Nicolaiff[4]) und Blondlot.[5]) Die Resultate der drei ersten Forscher liessen keine Schlussfolgerungen zu und Blondlots Versuche deuteten auf die Abwesenheit einer Wirkung.

Die im folgenden beschriebenen Versuche wurden unternommen, teils weil die bisherigen Versuche eine Ungewissheit hinsichtlich des Bestehens der Wirkung fortbestehen liessen, teils weil die angewandte Methode Vorteile über die bisher benutzte zu bieten schien. Das Prinzip der Methode ist, ein Stück eines Dielektrikums einem elektrischen Wechselfelde und einem magnetischen Wechselfelde auszusetzen, die Phasen der beiden Wechselfelder, deren Richtungen im Raume rechtwinklig aufeinander stehen, so zu justieren, dass die Reaktion des Verschiebungsstromes gegen das Magnetfeld ein Maximum wird und zu beobachten, ob eine Bewegung des Dielektrikums in einer Richtung, die senkrecht zu der Ebene erfolgt, welche das wirksame elektrische und magnetische Feld umfasst, eintritt.

1) Maxwell, Electricity and Magnetism. Art. 60, 75, 76, 111, 328—334, 608, 783, 791.
2) Rep. der Physik, 21, 521, 1885.
3) Proc. Roy. Soc. XLV, 392, 1889.
4) Journ. Phys 4, 245, 1895.
5) Journ. Phys., Jan. 1902.

In jeder der vier Formen des dieses Prinzip verkörpernden Apparates war ein Stück des Dielektrikums starr an jedem Ende einer leichten Achse befestigt, die durch einen im Mittelpunkt befestigten Quarzfaden horizontal aufgehängt war. Die Phase des elektrischen oder des magnetischen Feldes, das an dem einen Stück wirkte, war um 180° gegen das am andern Stück wirkende verschoben, während das andere Feld für beide Stücke gleiche Phase hatte. Dadurch hat die Gegenwirkung des Verschiebungsstromes gegen das magnetische Feld entgegengesetzte Richtung an beiden Enden der Achse, so dass ein Kräftepaar auf die Aufhängung wirkt.

Der Apparat.

Erste Form: Fig. 1 giebt einen Querschnitt. *AA* sind die rechteckigen Blöcke des Dielektrikums, die an der Achse *D*, die aus Bambus oder Glas gefertigt war, befestigt waren. *BBBB* sind Messingelektroden, von denen eine jede so gedreht war, dass ihre Oberfläche einen Teil eines Kreiscylinders bildete, dessen Achse mit der Aufhängungs-Richtung und -Linie des Bambus- oder Glasstabes zusammenfiel; auf diese Weise schien sich die beste Annäherung an ein gleichförmiges Feld zwischen den Elektroden erreichen zu lassen. Jedes Elektrodenpaar war mit den Enden eines Transformators verbunden, der 8800 Volts bei 133 Wechseln pro Sek. gab. *CC* sind kreisförmige Drahtspulen, von denen je eine ein Elektrodenpaar umgiebt; die Ebenen der Windungen sind horizontal. Die Spulen erhalten ihren Wechselstrom von demselben Generator wie die Elektroden.

Wie man sieht, ist das Magnetfeld vertikal, das elektrische Feld horizontal, so dass die resultierende Ablenkung des Stabes auf der einen Seite aus der Ebene der Zeichnung heraus, auf der anderen Seite in die Ebene der Zeichnung hinein erfolgen sollte. Das Ganze stand auf einer hölzernen Basis und jede Hälfte des Apparates war in eine Messinghülle eingebaut. Die Verbindung zwischen den beiden Hälften war so eng, dass der Stab noch schwingen konnte. Auf diese Weise war das Innere so klein wie möglich gemacht und Störungen durch Luftströmungen auf ein Minimum reduziert. Ein eng anliegender Messingcylinder innerhalb der Spule, ein Ring an deren oberen und Zinnfolie an deren unteren Ende, all das mit dem Gehäuse verbunden, beschützte das Dielektrikum vor irgend welchem von der Spule ausgehenden elektrischen Felde; alle möglichen sekundären Stromkreise wurden gespalten und die Öffnungen mit Hartgummi oder Faser geschlossen.

Die in der Figur zu sehende Dämpfungsvorrichtung war ein im Wasser tauchendes Glimmerblättchen, das durch ein dünnes Glasstäbchen am abzulenkenden Stabe befestigt war. Der angewandte Quarzfaden war immer ungefähr 102 cm lang; er befand sich in einem Glasrohr, das mit einem Torsionskopf versehen war, der unabhängig Justierungen der Torsion und der Länge gestattete; an seinem unteren Ende trug der Quarzfaden einen kleinen Kupferhaken, der in einen entsprechenden auf den Glasstab gekitteten Haken passte. In der Mitte des Stabes war ein Spiegel, der das Bild eines Glühlampenfadens auf eine auf Glas geätzte Skala warf; später wurde die Glühlampe durch einen Nernstschen Glühkörper ersetzt, der

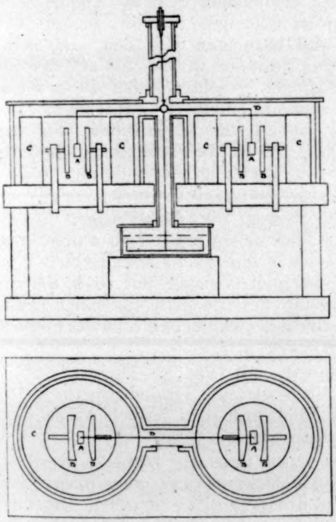


Fig. 1.

sich hierzu vorzüglich eignet. Der Abstand Spiegel-Skala war 140 cm. Die Schaltung zeigt Fig. 2. Die beiden Magnetisierungsspulen wurden so geschaltet, dass ihre Felder immer gleich stark, gleich gerichtet und parallel waren, während die Elektroden so geschaltet waren, dass ihre Felder gleich stark und parallel waren, aber in entgegengesetzten Richtungen arbeiteten.

Berechnung der erwarteten Wirkung:

Der Abstand der Elektroden war bei jedem Paar gleich 1,9 cm; die Dielektrika waren Stücke von Steinsalz, Glas oder Paraffin. 1 cm $\times$ 1 cm $\times$ 0,63 cm und mit ihren quadratischen Seiten parallel zu den Elektroden aufgehängt, so dass ein Drittel einer Kraftlinienlänge innerhalb des Dielektrikums war. Da nun $\sqrt{2}\cdot 8800$

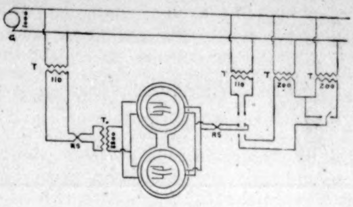


Fig. 2.

die maximale E.M.K. zwischen den Elektroden war, so ist der auf das Dielektrikum wirksame Teil gegeben durch

$$V = \frac{\sqrt{2}\cdot 8800}{2K+1}.$$

Die Intensität der E.M.K. $F_m = \frac{dV}{dl}$, also

$$F_m = \frac{\sqrt{2}\cdot 8800}{(2K+1)\cdot 0{,}63} \text{ (Maxim.-Wert in Volts).}$$

Die Dichte des Verschiebungsstromes = $q = \frac{K}{4\pi}\frac{dt}{dF}$; da nun die E.M.K. alternierend ist, so haben wir

$$F = F_m \sin a$$

und

$$q = \frac{K}{4\pi} F_m \cos a \frac{da}{dt}.$$

$\frac{da}{dt}$ = der Winkelgeschwindigkeit $= 2\pi N = \pi \cdot 133$

also

$$q = \frac{K}{4\pi}\cdot\frac{\sqrt{2}\cdot 8800}{(2K+1)\cdot 0{,}63}\cdot\frac{2\pi\cdot 133\cdot 10^8}{3\cdot 10^{10}}\cos a \text{ in C. G. S. elektrost.}$$

$$q = \frac{K}{4\pi}\cdot\frac{\sqrt{2}\cdot 8800}{(2K+1)\cdot 0.63}\cdot\frac{2\pi\cdot 133\cdot 10^8}{(3\cdot 10^{10})^2\cdot 10^{-1}}\cos a \text{ Ampères}$$

$$= \frac{K}{2K+1}\cdot\frac{14{,}6}{10^7}\cos a$$

$$= \frac{K}{2K+1}\cdot\frac{10\cdot 3}{10^7} \text{ eff. Ampères pro Querschnitteinheit.}$$

Jede der Spulen für das Magnetfeld enthielt 1200 Windungen von B. & S. Nr. 18 Magnetdraht. Das mit Vernachlässigung der Wirkung der Enden berechnete Magnetfeld für die Mitte der Spulen war 200 i (i = Stromstärke in Ampères); es ergab durch die Messung mit einer Spule von bekannter Oberfläche und Windungszahl zu 166 i. (Diese Spule hatte eine Oberfläche von 25 cm^2 und 400 Windungen. Der induzierte Strom 2,4 Amp. bei 33,5 Volts und 133 Wechseln.) Der Widerstand jeder Spule war ungefähr $= 9\,\Omega$, und die berechnete Selbstinduktion $L = 0{,}109$ Henry; bei 144 Volts, 133 Wechseln nahm eine jede

1,3 Amp., was eine Selbstinduktion von 0,104 L ergiebt. Ist Θ die Phasendifferenz zwischen der E.M.F. und dem Strom, so ergiebt sich

$$tg\Theta = \frac{2\pi NL}{R} = \frac{6{,}28 \cdot 133 \cdot 0{,}104}{9} = 9{,}3, \text{ d. h.}$$
$$\Theta = 83^0\, 52'.$$

Da die Phasendifferenz zwischen den primären und sekundären E.M.K. eines Transformators ungefähr 180^0, ist, die an den Elektroden wirkende Kraft aber zweier Transformationen unterzogen war, so ist sie demnach gleichphasig mit der Generator = E.M.K. Sei ihre Phase bezeichnet mit $\sin \alpha$. Der resultierende Verschiebungsstrom hat, wie oben gezeichnet, die Phase $\cos \alpha$, d. h. er ist um 90^0 gegen die Generator E.M.K. verschoben. Die auf die Spulen wirkende E.M.K. ist nur einmal umgewandelt worden, also ist sie um 180^0 verzögert; wegen der Selbstinduktion der Spule eilt der Strom und deshalb auch das entst. Magnetfeld um 90^0 nach. Demzufolge sind der Verschiebungsstrom und das Magnetfeld um 180^0 auseinander, liegen also günstig zur Erzeugung der elektromagnetischen Gegenwirkung. Da nun für die Spule $\Theta = 83^0\, 52'$ gefunden wurde, so muss die für Koinzidenz berechnete Wirkung mit $0{,}9942 = \cos 6^0\, 8'$ multipliziert werden.

Auf den Strom im Dielektrikum wirkt also eine Kraft

$$0{,}994 \frac{lgH}{10} = 0{,}63 \cdot \frac{K}{2K+1} \cdot \frac{10 \cdot 3}{10^7} \cdot \frac{166 \cdot 1{,}2}{10}.$$
$$0{,}9942 = \frac{K}{2K+1} \cdot \frac{22{,}8}{10^6} \text{ Dynen,}$$

wenn in jeder Spule 1,2 Ampères fliessen, l die Dicke des Dielektrikums oder die Länge des Verschiebungsstromes ist, und H = der Intensität des Magnetfeldes. Diese Kraft wirkt in entgegengesetzter Richtung an beiden Enden der aufgehängten Achse von 17,78 cm Länge. Es wirkt also ein Paar von

$$\frac{K}{2K+1} \cdot \frac{2{,}28}{10^4} \text{ Dynen-Centimeter.}$$

Der Drehungswinkel eines Fadens der Länge l, vom Radius r und vom Starrheitskoeffizienten n, auf den ein Kräftepaar u wirkt, ist

$$\Phi = \frac{2lu}{\pi r^4} \cdot \frac{1}{n}.$$

Die Länge des Quarzfadens war 101,6 cm; der Radius war sehr annähernd = 0,0006 cm. Nimmt man n für Quarz zu $3 \cdot 10^{11}$, so ist

$$\Phi = \frac{K}{2K+1} \cdot \frac{2 \cdot 101{,}6 \cdot 2{,}28}{\pi \cdot 0{,}0006^4 \cdot 10^4 \cdot 3 \cdot 10^{11}} = \frac{K}{2K+1} \cdot 37 \text{ radians.}$$

Ist K für Steinsalz = 5,8, so ist $\Phi = 0{,}173$, was bei einem Spiegelabstand von 140 cm einer Ablenkung von $2 \cdot 1400 \cdot 0{,}173 = 485$ mm oder mehr entspricht, da wir die Tangente dem Bogen gleichgesetzt haben.

Eine Kontrolle schien in einer Umkehrung des Ablenkungssinnes zu liegen, indem man die Phase des elektrischen oder des magnetischen Feldes um 180^0 änderte.

Es wurde so vorgegangen, dass man zunächst die Achse unter dem Einfluss des elektrischen Feldes allein zur Ruhe kommen liess; die hierzu nötige lange Zeit war ein weiterer Hinweis auf die gute Homogenität des Feldes. Dann wurde das Magnetfeld erregt und die entstehende Ablenkung notiert. Hierauf wurde der Sinn entweder des elektrischen oder des magnetischen Feldes umgekehrt und die Ablenkung beobachtet u. s. w. Die Ablenkungen waren im allgemeinen klein, immer sehr langsam und brauchten viel Zeit, um sich zu beruhigen; meistens wurde nur auf den Sinn der Ablenkungen geachtet. Auf diese Weise wurden mehrere hundert Ablesungen gemacht. Diese hatten im allgemeinen ein negatives Resultat, d. h. die Ablenkung änderte sich weder in Richtung noch Betrag, wenn eines der Felder umgekehrt wurde.

Nie waren die Ablenkungen grösser als 10 mm und selten grösser als 2 mm; manchmal jedoch lagen innerhalb dieses Gebiets Anzeichen der gesuchten Wirkung vor; d. h. der Sinn der Ablenkung änderte sich mit einer Umkehrung entweder des elektrischen oder des magnetischen Feldes.

Einmal, mit Glas als Dielektrikum, erhielt man die erwarteten Umkehrungen für 6 Kommutatorumkehrungen; jedoch waren diese Ablenkungen nur 2—3 mm.

Es muss indessen bemerkt werden, dass diese Ablenkungen aus einer Masse von Versuchen herausgegriffen wurden, die manchmal gar keine, manchmal Ablenkungen in falschem Sinne ergaben. Da das Magnetfeld nahe an den Spulen stärker als in der Mitte ist, so ist es möglich, dass die Ablenkungen magnetischen Eigenschaften der Dielektrika zuzuschreiben waren, obwohl Versuche dieselben frei von solchen ergaben.

Die zweite und dritte Form des Apparates wurden konstruiert in der Absicht, ein gleichförmiges Magnetfeld zu erhalten und die gesuchte Wirkung zu verstärken. In beiden Fällen erhielt man keine entscheidenden Resultate. Da die Form der Elektroden in den oben beschriebenen Versuchen den Dielektrika eine Lage stabilen Gleichgewichts gab, wurde gedacht, dass die Bedingungen zum Gelingen dann am besten sind, wenn sowohl das elektrische wie das Magnetfeld für alle Lagen der Achse gleichförmig und konstant sind. Des-

wegen wurde folgende endgültige Apparatform konstruiert.

Für das Magnetfeld wurde eine breite Spule von 7,62 cm Höhe, 26,6 cm innerer Weite und 360 Windungen von B. & S.-Draht Nr. 15 benutzt (siehe Figur 3).

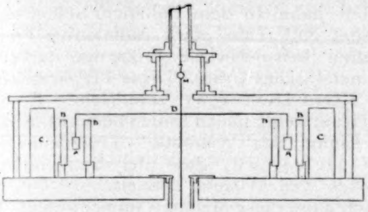


Fig. 3.

Als Elektroden dienten zwei ganze Messingringe, die miteinander und der Spule konzentrisch standen. Ihre Oberflächen waren sorgfältig gedreht und poliert und jeder Ring war an einer Stelle gespalten, um zu verhindern, dass er ein kurz geschlossener Sekundärkreis werde.

Die Spule war mit geerdeter Zinnfolie sorgfältig abgeschirmt. Der Aufhängehaken auf der Achse war verlängert, so dass er in einer Glasröhre bis M reichte, und hier der Spiegel befestigt. Indem man die Lichtquelle und die Skala in einem Kreis rings um den Apparat drehte, konnte man in jeder Lage der Achse Beobachtungen machen.

Messungen der Stärke des Magnetfeldes, der Selbstinduktion der Spule u. s. w. zeigten, dass die Grössenordnung der berechneten Ablenkung in diesem Apparat die gleiche wie im ersten war.

Es zeigte sich, dass die Nulllagen der Achse für die beiden Felder, wenn nur eines anlag, nicht die gleichen waren. Eine direkte elektrische Wirkung der Spule oder der Zuführungsdrähte schien die Ursache davon sein zu müssen, obwohl der Zinnfolienschirm so vollkommen wie möglich zu sein schien. Es wurde nun versucht, eine der Lagen, in denen die Achse vom Magnetfeld allein nicht beeinflusst zu werden schien, mit einer Nulllage für das elektrische Feld allein zur Koinzidenz zu bringen, indem man die Spule a in verschiedene Lagen durch Drehung um ihren Mittelpunkt brachte.

Dies gelang nur einmal, und da erhielt man auch die richtige Umkehrung der Ablenkung. Die Grösse der Ablenkung war 1,5 cm. Einige hundert Ablesungen wurden gemacht, indem Verschiedenheiten der Ablenkung für die beiden Phasen jedes Feldes mit Bezug auf das elektrische gesucht wurden.

Also wurde die Phase des magnetischen Feldes mit Bezug auf das elektrische um 90^0 gedreht und eine Reihe von Beobachtungen gemacht. Dies geschah, um eine mögliche Nacheilung des Verschiebungsstromes zu finden, die durch molekulare Reibung oder aus andern Gründen entstehen konnte. Alle diese Versuche ergaben negatives Resultat, d. h. die Ablenkungen waren geringer als 2 mm und zeigten keine regelmässige Umkehrung, wenn eines der Felder umgekehrt wurde.

Diese Untersuchung zeigt im grossen Ganzen, dass ein magnetischer Effekt der elektrischen Verschiebung in einem Betrage, wie ihn Maxwells Ausdruck giebt, nicht vorhanden ist. Das einzige positive Resultat, das mit der letzten Form des Apparates erreicht wurde, muss in Frage gestellt werden, denn obwohl die günstigen Bedingungen, unter denen es erhalten wurde, nicht ein zweites Mal erreicht wurden, so wurde sich ihnen doch manchmal in genügender Weise genähert, um Spuren einer Wirkung der beobachteten Grösse geben zu sollen. Die letzte Form des Aufbaues war zweifellos die geeignetste; es erscheinen darin nur zwei Einflüsse, die die gesuchte Wirkung verhindern könnten. Der erste ist eine Änderung des elektrischen Feldes von Punkt zu Punkt und die Neigung des Dielektrikums, im Gebiet grösster Intensität zu verbleiben; der zweite ist die Anwesenheit der Dämpfungsvorrichtung. Jedoch ist anzunehmen, dass keine der beiden gross genug ist, um ein Kräftepaar vom Werte des gesuchten zu verbergen; wie gesagt, waren die Ringe sorgfältig gedreht und justiert, so dass deren Oberflächen in allen Punkten gleichweit voneinander entfernt waren. Andeutungen, als ob sich die Achse eine Lage im elektrischen Felde wählen wollte, waren sehr gering, die Gleichgewichtslagen wurden sehr leicht verlassen, und änderten sich zwischen zwei Ablesungen oft um 1—2 cm. Die Verteilung des von der Spule herrührenden elektrischen Feldes konnte, obwohl ungewiss, keine zu sehr unsymmetrische um das Centrum herum sein, und da die hierdurch veranlasste Störung selten grösser als 1 cm war, so scheint es nicht möglich, dass die Intensitätsänderuugen gross genug waren, um die Abwesenheit einer sichtbaren Wirkung bei Umkehrung des wirksamen Paares zu veranlassen.

Bei den ersten Versuchen wurden einige Beobachtungsreihen ohne die Dämpfung gemacht; die einzige Verschiedenheit war, dass die Achse längere Zeit brauchte, um zur Ruhe zu gelangen.

Mit der letzten Apparatform konnten ohne die Dämpfung keine Beobachtungen gemacht werden, das elektrische Feld war so annähernd gleichförmig, dass die Achse keine so statio-

näre Lage einnehmen wollte, die als Nullpunkt hätte benutzt werden können.

Phys. Institut d. Johns Hopkins Universität. Mai 1902.

(Aus dem Englischen übers. von S. Guggenheimer.)

(Eingegangen 15. Oktober 1902.)

Über den radioaktiven Stoff „Polonium".

Von Frau Curie.

In dieser Zeitschrift vom 10. Oktober 1902 (S. 51) erschien eine Abhandlung von Herrn Marckwald: „Das radioaktive Wismut (Polonium)". Diese Abhandlung veranlasst mich zu folgenden Bemerkungen.

Herr Marckwald schreibt mir und Herrn Curie die Meinung zu, dass unser Polonium kein neues Element enthält. Diesen Schluss zieht Herr Marckwald aus folgendem Satze, der sich in einer von unseren Abhandlungen befindet: „Le polonium est une espèce de bismuth actif; il n'a pas encore été prouvé qu'il contienne un élément nouveau."[1])

Herr Marckwald giebt diesen Worten eine Bedeutung, welche sie keineswegs besitzen. Wir haben nur eben sagen wollen, dass das Polonium die chemischen Eigenschaften des Wismuts besitzt und dass es uns noch nicht gelungen ist, seine Verschiedenheit von diesem Metalle zu beweisen.

Im Laufe unserer Untersuchungen über radioaktive Stoffe sind wir zu der Überzeugung gelangt, dass die Radioaktivität ein neues Mittel bietet, um nach unbekannten Elementen zu forschen. Diesen Gedanken verfolgend, haben wir zwei ausserordentlich stark radioaktive Stoffe entdeckt und in denselben die Existenz zweier neuen Elemente, Polonium und Radium, angenommen.[2]) Unsere Meinung war anfangs keineswegs verbreitet, und wenige Forscher glaubten an die Existenz der neuen radioaktiven Elemente. Es war unsere Aufgabe, die Richtigkeit unseres Ausgangspunktes zu begründen. Der Beweis gelang uns für das Radium. Er wurde geliefert durch die Spektralanalyse, die Reindarstellung des Chlorides und die Bestimmung des Atomgewichtes des neuen Elementes.[3]) Auf Grund dieser Arbeiten scheint es erlaubt anzunehmen, dass jeder radioaktive Stoff, welcher von den bekannten radioaktiven Stoffen chemisch verschieden ist, ein neues Element enthält. Die von uns entdeckte Erscheinung der induzierten Radioaktivität[4]) hat aber gezeigt, dass man diese Regel nicht ohne Vorsicht anwenden darf, besonders für Stoffe, deren Radioaktivität mit der Zeit abnimmt, wie es eben für unsere Poloniumpräparate der Fall ist. Und da wir noch nicht haben beweisen können, dass das Polonium ein neues Element ist, so können wir es auch nicht behaupten.

1) Curie, Compt. rend. **134**, 85.
2) Compt. rend., Juli 1898 und Dezember 1898.
3) Compt. rend. Demarçay, December 1898, November 1899, Juli 1900; Curie, November 1899, August 1900, Juli 1902.
4) Curie, Compt. rend. 6. November 1899.

Ich habe an dem Polonium schon viel gearbeitet und reine, stark radioaktive Präparate erhalten (beispielsweise 30000 mal stärker aktiv als metallisches Uran). Diese Präparate wurden von Herrn Demarçay untersucht. Er hat im Spektrum keine neuen Linien bemerkt, wohl aber die Linien des Wismuts. Trotzdem glaubte Herr Demarçay, dass der Stoff nicht zum grössten Teil Wismut enthielt.

Ich habe diese Meinung immer geteilt. Wenn das Polonium dem Wismut auch sehr nahe kommt, so ist es doch möglich, den radioaktiven Stoff zu konzentrieren. Zu diesem Ziele führen bekanntlich: 1. fraktionierte Fällung salpetersaurer Lösungen mit Wasser: der Niederschlag ist stärker aktiv als der gelöste Stoff; 2. fraktionierte Fällung stark saurer Lösungen mit Schwefelwasserstoff: die zuerst gefällten Sulfide sind am stärksten aktiv; 3. Sublimation der Sulfide im Vakuum: das aktive Sulfid ist viel flüchtiger als das inaktive.[1]) Indem die Konzentration grösser wird, scheint die Substanz immer grösseren Unterschied mit dem Wismut aufzuweisen. Wenn eine salpetersaure Lösung mit Wasser gefällt wird, entstehen dann fast jedesmal Niederschläge, welche sich weder in verdünnten, noch in konzentrierten Säuren lösen; diese Niederschläge sind weiss oder gelb bis rotbraun gefärbt. Ich habe solche Niederschläge weder mit reinem Wismut noch mit induziert aktivem Wismut erhalten können; sie entstehen nur bei konzentrierten Poloniumpräparaten.

Es ist möglich, dass das Polonium keine empfindliche Spektralreaktion besitzt. Es wäre notwendig, das Atomgewicht des Metalles an einem reinen und stark konzentrierten Präparat zu bestimmen. Ich habe dies noch nicht gethan, weil die Darstellung eines konzentrierten Präparates schwierig ist. Ich würde mich freuen, wenn das Verfahren von Herrn Marckwald leicht zum Ziele führen sollte.

Jedenfalls habe ich die Hoffnung, das Polonium rein darzustellen, nie aufgegeben und arbeite jedesmal daran, wenn ich eine genügende Menge von radioaktivem Wismut zur Verfügung habe.

Das Polonium von Herrn Marckwald scheint dasselbe zu sein wie das unsere. Es begleitet das aus Uranerz stammende Wismut und sendet äusserst stark absorbierbare Strahlen aus, ebenso wie unsere Präparate. Der Unterschied würde

1) Curie, Congrès de Physique 1900.

darin bestehen, dass das Polonium von Herrn Marckwald keine Aktivitätsabnahme erfährt. Wenn aber die Aktivitätsabnahme ebenso vor sich geht wie bei unseren Präparaten, so kann sie im Laufe einiger Monate nur durch Messungen festgestellt werden. So hat, beispielsweise, eines unserer Poloniumpräparate die Hälfte seiner Aktivität in elf Monaten verloren, und zeigte nach Verlauf dieser Zeit noch immer starke entladende und photographische Wirkung. Die Aktivitätsabnahme muss an reinen Präparaten gemessen werden. Radioaktives aus Uranerzen stammendes Wismut kann Spuren von Radium enthalten. Es ist mir nicht bekannt, ob Herr Marckwald Aktivitätsmessungen an reinen Präparaten einige Monate hindurch ausgeführt hat.

Wir besitzen metallisches poloniumhaltiges Wismut, welches noch immer sehr stark aktiv ist.

Es würde sehr wünschenswert sein, dass die Arbeiten über radioaktive Stoffe Zahlen enthielten, welche die Aktivität der bereiteten Substanzen angeben. Zu diesem Zwecke kann man die elektrische Leitfähigkeit benutzen, welche durch die Substanzen in bestimmten Verhältnissen in der Luft erzeugt wird. Man kann die Wirkung einer Substanz mit derselben des metallischen Urans vergleichen. Es würde noch besser sein, radiumhaltige Baryumsalze von bestimmter Konzentration (d. h. solche, welche ein bestimmtes Atomgewicht liefern), zu Vergleichsmessungen zu gebrauchen. Dies wird bei weiterer Verbreitung von Radiumpräparaten wohl möglich werden.

Solche Aktivitätsschätzungen sind zwar willkürlich, sie bieten aber ein wertvolles Mittel, um die Ergebnisse verschiedener Arbeiten untereinander zu vergleichen.

(Eingegangen 12. Dezember 1902.)

Die magnetische und elektrische Ablenkung der leicht absorbierbaren Radiumstrahlen.

Von E. Rutherford.

Radium giebt drei verschiedene Strahlengattungen ab:

1. Die α-Strahlen, die von dünnen materiellen Schichten sehr leicht absorbiert werden und den grössten Teil der bei gewöhnlichen Versuchsbedingungen beobachteten Ionisation des Gases hervorrufen.

2. Die β-Strahlen, die aus mit bedeutender Geschwindigkeit fortgeschleuderten negativ geladenen Teilchen bestehen und die in jeder Hinsicht den in einer Vakuumröhre erzeugten Kathodenstrahlen gleichen.

3. Die γ-Strahlen, die vom Magnetfeld nicht abgelenkt werden und ein hohes Durchdringungsvermögen besitzen.

Diese Strahlen differieren ganz bedeutend in ihrem Vermögen, Materie zu durchdringen. Folgende angenäherte Zahlen, welche die Dicke der Aluminiumschicht angeben, nach deren Durchdringung die Intensität auf den halben Wert reduziert ist, veranschaulichen dieses verschiedene Verhalten.

Strahlung	Aluminiumdicke
α-Strahlen	0,0005 cm
β "	0,05 "
γ "	8 "

In vorliegender Arbeit sollen einige Versuche beschrieben werden, aus denen hervorgeht, dass die α-Strahlen durch ein starkes magnetisches und elektrisches Feld abgelenkt werden. Die Ablenkung findet in entgegengesetzter Richtung zu derjenigen der Kathodenstrahlen statt, so dass die Strahlen aus positiv geladenen mit grosser Geschwindigkeit fortgeschleuderten Teilchen bestehen müssen. In einer augenblicklich im „Philosophical Magazine" im Abdruck befindlichen Arbeit habe ich indirekte experimentelle Belege für die Annahme aufgeführt, dass die α-Strahlen aus fortgeschleuderten Teilchen bestehen. Frühere Versuche, die ich während der letzten zwei Jahre zur Entscheidung dieser Frage unternommen hatte, ergaben negative Resultate. Die magnetische Ablenkung ist nämlich selbst in einem starken Magnetfelde so gering, dass zu ihrer Feststellung und Messung ganz besondere Methoden erforderlich sind.

Bei den früheren Versuchen wurde ein Radiumpräparat von der Aktivität 1000 benutzt; dasselbe gab jedoch keine Strahlen von erforderlicher Intensität ab, um die Versuche so weit zu treiben, wie es nötig gewesen wäre. Die angewandte Methode bestand im wesentlichen darin, dass man die Strahlen durch enge Spalte hindurch liess und beobachtete, ob die Geschwindigkeit der von den heraustretenden Strahlen hervorgerufenen Entladung bei Einschaltung eines Magnetfeldes eine Veränderung erfuhr. Wenn die Strahlen jedoch durch so schmale Spalte hindurch gingen, dass man eine geringe Ablenkung hätte konstatieren können, wurde die Entladungsgeschwindigkeit der austretenden Strahlen zu klein, als dass man sie selbst mit einem empfindlichen Elektrometer hätte messen können.

Ich habe nun aber neuerdings ein Radiumpräparat von der Aktivität 19000 erhalten und bin in der Lage gewesen, durch Anwendung eines Elektroskopes an Stelle des Elektrometers die Versuche auszudehnen und darzuthun, dass die α-Strahlen durchgehends durch ein starkes Magnetfeld abgelenkt werden.

Anmerkung 1. Strutt (Phil. Trans. Roy. Soc. 1900) hat die Vermutung ausgesprochen, dass die α-Strahlen aus positiv geladenen von

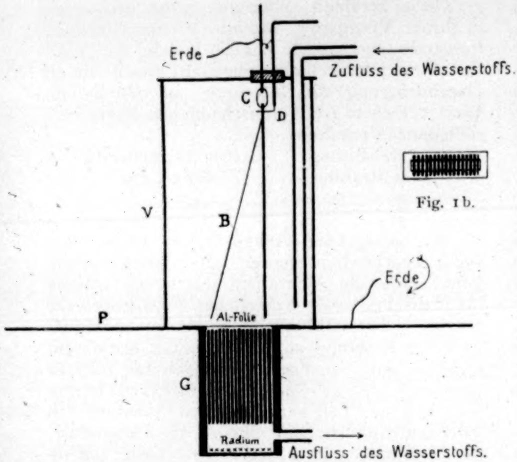


Fig. 1.

Fig. 1b.

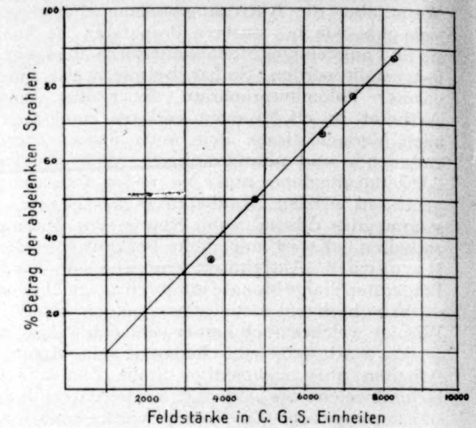


Fig. 2.

der aktiven Substanz fortgeschleuderten Teilchen bestehen. Derselbe Gedanke ist neuerdings von Sir Wm. Crookes (Proc. Roy. Soc. 1902) ausgesprochen worden.

Anmerkung 2. Das Radiumpräparat, dessen Aktivität grösser ist als die der sonst käuflichen, wurde durch gütige Vermittelung des Herrn P. Curie von der Société Centrale des Produits Chimiques bezogen.

Der geringe Betrag der magnetischen Ablenkung der α-Strahlen im Vergleich zu derjenigen der Kathodenstrahlen in der Vakuumröhre geht aus dem Umstand hervor, dass α-Strahlen, die im rechten Winkel zu einem Magnetfelde ausgesandt werden, dessen Intensität 10000 C. G. S.-Einheiten beträgt, einen Kreisbogen von etwa 39 cm Radius beschreiben, während unter denselben Umständen Kathodenstrahlen einen Kreis von etwa 0,01 cm Radius beschreiben würden.

Die magnetische Ablenkung der Strahlen.

Fig. 1 zeigt die allgemeine Anordnung des Versuches. Die von einer dünnen Radiumschicht ausgehenden Strahlen gingen nach oben durch eine Anzahl enger parallel gestellter Spalte und hierauf durch eine dünne Schicht Aluminiumfolie von 0,00034 cm Dicke in das Versuchsgefäss V. Die durch die Strahlen im Versuchsgefäss hervorgerufene Ionisierung wurde durch die Bewegungsgeschwindigkeit der Blätter eines Goldblattelektroskops B gemessen. Dieses war nach der Art eingerichtet, wie C. T. R Wilson ein solches bei seinen Versuchen über die spontane Ionisierung der Luft benutzt hat. Das Goldblattsystem war innerhalb des Gefässes durch ein Schwefelkügelchen C isoliert und konnte vermittelst eines beweglichen Drahtes D geladen werden, der dann mit der Erde verbunden wurde. Die Bewegungsgeschwindigkeit des Goldblattes wurde vermittelst eines Mikroskops durch kleine Glimmerfensterchen beobachtet, die in den Versuchsgefässen angebracht waren.

Um die Ionisierung im Versuchsgefäss zu erhöhen, liess man die Strahlen durch 20 bis 25 gleichweite Spalte gehen, die nebeneinander angebracht waren. Dies wurde in der Weise eingerichtet, dass man in regelmässigen Zwischenräumen in Seitenplatten Vertiefungen einschnitt und in diese Messingplatten einschob. Ein Durchschnitt dieses Systems von Metallplatten und Lufträumen ist auf Fig. 1b dargestellt.

Die Spaltbreite variierte bei den verschiedenen Versuchen zwischen 0,042 und 0,1 cm.

Das Magnetfeld wurde senkrecht zur Zeichenebene und parallel zur Spaltebene angebracht.

Das Versuchsgefäss und das System von Platten wurden mit einer Bleiplatte P durch Wachs verkittet, so dass die Strahlen nur durch die Aluminiumfolie in das Gefäss V treten konnten.

Bei den Versuchen ist es erforderlich, einen stetigen Gasstrom zur Verfügung zu haben, der zwischen den Platten hindurch nach unten geht, um eine Diffusion der Radiumemanation nach oben in das Versuchsgefäss zu verhindern. Die Anwesenheit auch nur einer kleinen Menge dieser Emanation im Versuchsgefäss würde bedeutende ionisierende Wirkungen haben, und die zu beobachtende Wirkung gänzlich verdecken.

Ein stetiger Strom trockenen elektrolytischen Wasserstoffes von 2 ccm pro Sekunde wurde deswegen ins Versuchsgefäss geschickt, strömte durch die poröse Aluminiumfolie und ging zwischen den Platten hindurch, wobei er die Emanation des Apparats mit sich nahm.

Die Anwendung eines Wasserstoffstromes an Stelle eines solchen von Luft vereinfacht den Versuch, da hierdurch sofort der Ionisationsstrom im Versuchsgefäss, der auf Rechnung der α-Strahlen kommt, vermehrt und der von den β- und γ-Strahlen herrührende bedeutend verringert wird.

Dies ergiebt sich ohne weiteres aus dem Umstande, dass die α-Strahlen viel leichter in Luft als in Wasserstoff absorbiert werden, während die von den β- und γ-Strahlen herrührende Erzeugung von Ionen in Wasserstoff viel beträchtlicher ist als in Luft. Die Intensität der α-Strahlen ist demgemäss nach ihrem Durchgang zwischen den Platten im Wasserstoff grösser als in Luft, und da die Strahlung im Versuchsgefäss durch eine hinreichend dicke Wasserstoffschicht geht, um in hohem Masse absorbiert zu werden, ist der Gesamtbetrag der von den α-Strahlen in Wasserstoff hervorgerufenen Ionisierung grösser, als wenn Luft zur Verwendung kommt.

Mit dem grössten Elektromagneten des Laboratoriums war ich nur im stande, etwa 30 Proz. von den α-Strahlen abzulenken. Durch das freundliche Entgegenkommen von Herrn Professor Owens vom Electrical Engineering Department wurde ich jedoch in die Lage versetzt, den oberen Teil des Feldmagneten einer Edisonschen Dynamomaschine von 40 Kilowatt zu benutzen. Augenblicklich werden geeignete Polstücke hergestellt, mit denen man ein starkes Magnetfeld über beträchtliche Flächenausdehnung wird herstellen können; aber auch schon mit unvollkommenen Polstücken war ich in der Lage, ein genügend starkes Feld herzustellen, um alle α-Strahlen vollständig ablenken zu können.

Im folgenden will ich ein Beispiel geben von einer Beobachtung der magnetischen Ablenkung: Polstücke $1{,}90 \times 2{,}50$ cm, Feldstärke zwischen den Polstücken 8370 Einheiten, Apparat von 25 parallelen Platten von 3,70 cm Länge, einer Breite von 0,70 cm und einem durchschnittlich 0,042 cm betragenden Luftraum zwischen den Platten, Entfernung des Radiums von den Platten 1,4 cm (unterhalb).

	Entladungsgeschwind. des Elektroskops in Volt pro Minute
1. Ohne Magnetfeld	8,33
2. Mit Magnetfeld	1,72
3. Radium mit dünner Glimmerschicht zur Absorption aller α-Strahlen	0,93
4. Radium mit Glimmer bedeckt bei Einschaltung des Magnetfeldes	0,92

Die Glimmerplatte war 0,01 cm dick, was zur Absorption sämtlicher α-Strahlen vollständig ausreichte, den β- und γ-Strahlen jedoch ohne nennenswerte Absorption den Durchgang gestattete. Die Differenz zwischen 1. und 3., nämlich 7,40 Volt pro Minute, giebt die allein auf Rechnung der α-Strahlen kommende Entladungsgeschwindigkeit; der 0,79 Volt pro Minute betragende Unterschied zwischen 2. und 3. rührt von den vom angewandten Magnetfelde nicht abgelenkten α-Strahlen her.

Der durch das Feld nicht abgelenkte Betrag von α-Strahlen macht also 11 Proz. der Gesamtmenge aus. Die kleine Differenz zwischen 2. und 4. enthält die geringe von den β-Strahlen herrührende Ionisierung, da sie durch das Magnetfeld vollständig abgelenkt worden wären. Es ist wahrscheinlich, dass die von den β-Strahlen herrührende Ionisierung ohne Magnetfeld in Wirklichkeit stärker war; aber das magnetische Restfeld, das in den Magneten nach Unterbrechung des Stromes zurückblieb, war stark genug, um sie vor Erreichen des Versuchsgefässes vollständig abzulenken.

No. 4 enthält die Wirkung der γ-Strahlen, zugleich mit dem natürlichen Ladungsverlust des Elektroskops im Wasserstoff.

Bei diesen Versuchen spielte auch ein ziemlich starkes diffuses Magnetfeld eine Rolle, das auf die Strahlen einwirkte, bevor es noch die Polstücke erreichte. Die Verteilung dieses Feldes an den verschiedenen Teilen des Apparates ist graphisch in Fig. 3 dargestellt.

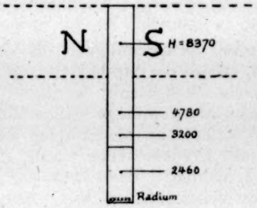


Fig. 3.

Folgende Tabelle zeigt die von den α-Strahlen herrührende Entladungsgeschwindigkeit für verschiedene magnetische Feldstärken. Der Maximalwert ohne Magnetfeld ist gleich 100 gesetzt. Diese Ergebnisse sind graphisch in Fig. 3 dargestellt.

Magnetfeld zwischen den Polstücken	Entladungsgeschwindigkeit herrührend von α-Strahlen
0	100
3720	66
4840	50
6500	33
7360	23
8370	11

Die Kurve in Fig. 2 zeigt, dass die Ablenkung dem Magnetfeld angenähert proportional ist.

Bei einem anderen Apparat, bei dem der mittlere Luftraum 0,055 cm betrug, wurden die Strahlen vollständig abgelenkt durch ein gleichförmiges Magnetfeld von 8400 Einheiten, das sich über die Länge der Platten ausdehnte, d. h. über eine Entfernung von 4,5 cm.

Richtung der Strahlenablenkung.

Um die Richtung der Ablenkung zu bestimmen, wurden die Strahlen durch 1 mm breite Spalte hindurchgelassen. Jeder Spalt war etwa zur Hälfte mit einer Messingplatte bedeckt, in der Lufträume ausgeschnitten waren, die genau dem System von Parallelplatten entsprachen. Fig. 4 stellt einen vergrösserten Durchschnitt der Platten dar, wobei die Metallplatte *c* den Spalt *AB* halb bedeckt. Wenn ein Magnetfeld eingeschaltet wird, das nicht die erforderliche Stärke hat, um alle Strahlen abzulenken, muss

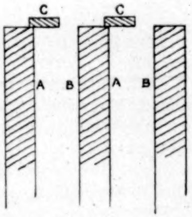


Fig. 4.

die Entladungsgeschwindigkeit im Versuchsgefäss dann, wenn die Strahlen in der Richtung von *A* nach *B* abgelenkt werden, bedeutend grösser sein, als wenn das Magnetfeld kommutiert wird, d. h. wenn die Strahlen von *B* nach *A* abgelenkt werden. Dies wurde denn auch wirklich konstatiert; denn während die Entladungsgeschwindigkeit nicht bedeutend verringert wurde, wenn das Feld in der einen Richtung eingeschaltet wurde, fand man bei Umkehrung des Feldes eine Herabsetzung auf etwa ein Viertel des Wertes. Auf diese Weise wurde festgestellt, dass die Richtung der Ablenkung im Magnetfelde derjenigen der Kathodenstrahlen gerade entgegengesetzt ist, d. h. dass die Strahlen aus positiv geladenen Teilchen bestehen.

Elektrostatische Ablenkung der Strahlen.

Der Apparat war ähnlich dem, der bei der magnetischen Ablenkung benutzt wurde, nur dass die Seitenstücke aus Messing, welche die Platten festhielten, durch solche aus Ebonit ersetzt wurden.

25 Platten wurden verwandt; ihre Länge betrug 4,50 cm, ihre Breite 1,5 cm und der Luftraum im Mittel 0,055 cm. Das Radium befand sich 0,85 cm unterhalb der Platten. Die Platten wurden abwechselnd miteinander verbunden und vermittelst einer Batterie von kleinen Akkumulatoren auf eine Potentialdifferenz von 600 Volt geladen. Ganz ebenso wie bei dem magnetischen Versuche wurde mit einem Wasserstoffstrom gearbeitet.

Bei einer Potentialdifferenz von 600 Volt wurde eine andauernde Differenz von 7 Proz. in der Entladung der α-Strahlen beobachtet, je nachdem das elektrische Feld aus- oder eingeschaltet war. Eine grössere Potentialdifferenz konnte nicht benutzt werden, da dann bei Anwesenheit von Radium zwischen den Platten ein Funke überging.

Der Betrag der Ablenkung war bei diesem Versuche zu klein, als dass man die Richtung der Ablenkung durch das elektrische Feld hätte bestimmen können.

Bestimmung der Geschwindigkeit der Strahlen.

Es ist schwer, mit Sicherheit den Wert der Krümmung des Strahlenweges in einem gegebenen Magnetfelde aus dem prozentualen Betrage der abgelenkten Strahlen zu bestimmen, in Anbetracht des Umstandes, dass ein Teil der ursprünglich die Seiten der Parallelplatten treffenden Strahlen in der Weise abgelenkt wird, dass er in das Versuchsgefäss geht.

Aus den durch Beobachtung des Wertes des Magnetfeldes für vollständige Ablenkung der Strahlen gewonnenen Daten konnte ich jedoch folgern, dass

$$H\varrho = 390000,$$

wo H die magnetische Feldstärke, und ϱ der Krümmungsradius des Strahlenweges ist.

Dies giebt den oberen Grenzwert für $H\varrho$. Durch Anwendung der gewöhnlichen Gleichungen für die Ablenkung eines sich bewegenden geladenen Körpers konnte ich den Schluss ziehen, dass die Geschwindigkeit V der Strahlen gegeben ist durch

$$V = 2{,}5 \cdot 10^9 \text{ cm pro Sek.},$$

und dass der Wert $\frac{e}{m}$, d. h. das Verhältnis der Ladung des geladenen Teilchens zu seiner Masse, gegeben ist durch

$$\frac{e}{m} = 6 \cdot 10^3.$$

Diese Resultate sind nur rohe Annäherungen und geben bloss die Grössenordnungen an, da die beobachteten elektrischen Ablenkungen für genaue Beobachtungen zu klein waren.

Die Versuche werden mit einem besonderen Apparate fortgesetzt und es ist Aussicht dazu

vorhanden, dass viel bedeutendere elektrostatische Ablenkungen werden erzielt werden können, so dass die Konstanten der Strahlen viel genauer zu bestimmen sein werden.

Die α-Radiumstrahlen sind also den von Goldstein beobachteten Kanalstrahlen ähnlich, von denen Wien gezeigt hat, dass sie aus mit bedeutender Geschwindigkeit fortbewegten positiv geladenen Körperchen bestehen. Die Geschwindigkeit der α-Strahlen ist jedoch viel bedeutender als die der Kanalstrahlen.

Anmerkung. Die α-Strahlen sind komplex und bestehen wahrscheinlich aus Teilchen, die mit innerhalb gewisser Grenzen liegenden Geschwindigkeiten fortgeschleudert werden; denn die Strahlungen enthalten auch die über das ganze Radiumpräparat verteilten α-Strahlungen der Emanation und induzierten Aktivität.

Das verschiedene Durchdringungsvermögen dieser Strahlen dürfte der Verschiedenheit der Geschwindigkeit oder Masse der fortgeschleuderten Teilchen zuzuschreiben sein.

Allgemeine Betrachtungen.

Die Uranium-, Thorium- und Radiumstrahlungen, sowie die von Emanationen und sekundär aktiven Körpern ausgehenden Strahlen enthalten sämtlich einen erheblichen Betrag an α-Strahlen. Diese Strahlen weisen, was ihr Durchdringungsvermögen anbelangt, keine erheblichen Unterschiede auf, und es ist wahrscheinlich, dass in allen Fällen diese verschiedenen α-Strahlen aus mit grosser Geschwindigkeit fortgeschleuderten geladenen Teilchen bestehen. In einer früheren Arbeit habe ich gezeigt, dass die Gesamtenergie, die in Form von α-Strahlen von den permanent radioaktiven Körpern ausgestrahlt wird, ungefähr 1000 mal grösser ist, als die in Form von β-Strahlen ausgestrahlte. Dieses Ergebnis wurde auf Grund der Annahme erzielt, dass die Gesamtzahl der von den beiden Strahlentypen erzeugten Ionen, wenn dieselben von der Luft völlig absorbiert werden, ein Mass der Strahlungsenergie abgiebt. Die α-Strahlen sind daher der wichtigste Faktor bei der Energiestrahlung radioaktiver Körper, und folglich führt jede Abschätzung der ausgestrahlten Energie, die allein auf den β-Strahlen basiert ist, zu viel zu kleinen Werten.

Augenblicklich werden Versuche angestellt zur Bestimmung der von den α-Strahlen getragenen Ladung, und hieraus wird sich voraussichtlich die Emissionsgeschwindigkeit der in Form von α-Strahlen von radioaktiven Körpern ausgestrahlten Energie bestimmen lassen.

Der Charakter der α-Strahlen als Emission von körperlichen Teilchen erklärt in ungezwungenster Weise mehrere ihrer wichtigsten Eigenschaften. Auf Grund dieser Anschauung rührt die Ionisierung des Gases durch α-Strahlen von dem Zusammenprall der fortgeschleuderten Massen mit den Gasmolekülen. Die Veränderung der Produktionsgeschwindigkeit der Ionen mit dem Gasdruck und die mit der Dichte veränderliche Absorption der Strahlen in festen Körpern und Gasen ergiebt sich ohne weiteres. Ebenso wird der auffällige Umstand, dass die Absorption der α-Strahlen in einer gewissen materiellen Schichtendicke bei Bestimmung nach der elektrischen Methode mit der vorher durchdrungenen Schichtendicke zunimmt, in einfachster Weise erklärt. Man braucht nur die Annahme zu machen, dass die Geschwindigkeit der fortgeschleuderten Teilchen infolge des Zusammenpralles mit den Molekülen des absorbierenden Mediums abnimmt und daher das Ionisationsvermögen der Strahlen eine schnelle Verminderung erleidet.

Dies ist sehr wahrscheinlich der Fall, da kein Zweifel darüber zu bestehen scheint, dass der positive Ladungsträger das Gas unterhalb einer gewissen Geschwindigkeit, die im Vergleich zu der Translationsgeschwindigkeit der Moleküle sehr bedeutend ist, nicht zu ionisieren vermag.

Es ist von Interesse, die Rolle, welche die α-Strahlen bei radioaktiven Körpern spielen, auf Grund der Ansicht über das Wesen der Radioaktivität zu betrachten, die von Herrn Soddy [1] und mir im Phil. Mag., September und November 1902, ausgesprochen worden ist. Dort wurde dargelegt, dass Radioaktivität von aufeinander folgenden chemischen Veränderungen herrührt, bei denen neue Typen radioaktiver Substanz fortwährend gebildet werden, und dass die beständige Radioaktivität der bekannten aktiven Substanzen einen Gleichgewichtsprozess darstellt, bei dem die Geschwindigkeit, mit der neue aktive Materie gebildet wird, durch die Aktivitätsabnahme der bereits gebildeten ein Gegengewicht erhält.

Einige sehr interessante Punkte drängten sich im Verlaufe dieser Untersuchungen auf. Es wurde konstatiert, dass die Restaktivität des auf chemischem Wege von Uranium-X und Thorium-X befreiten Uraniums und Thoriums vollständig aus α-Strahlen bestand. Andererseits bestanden die Uranium-X-Strahlungen fast vollständig aus β-Strahlen, während die Thorium-X- sowohl aus α- als aus β-Strahlen bestanden. Ähnliche Ergebnisse gelten wahrscheinlich auch für Radium, da Herr und Frau Curie gezeigt haben, dass in Wasser aufgelöstes und dann zur Trockenheit eingedampftes Radium vorübergehend einen grossen Teil seiner Fähigkeit verliert, β-Strahlen auszusenden.

1) Soddy, Proc. Chem. Soc. 1902. Rutherford und Grier, Diese Zeitschr. **3**, 385, 1902.

Es erscheint also wahrscheinlich, dass die Emission von α-Strahlen von derjenigen der β-Strahlen durchaus unabhängig verläuft.

Es besteht wohl kein Zweifel darüber, dass die Emission von β-Strahlen durch aktive Substanzen eine sekundäre Erscheinung ist, und dass die α-Strahlen die wichtigste Rolle bei den in der radioaktiven Materie vor sich gehenden Veränderungen spielt. Die bisher erzielten Ergebnisse legen die Schlussfolgerung nahe, dass der Beginn der in radioaktiven Körpern stattfindenden Reihe chemischer Veränderungen von der Emission von α-Strahlen herrührt, d. h. von der Fortschleuderung schwerer geladener Massen vom Atom.

Der zurückbleibende Teil ist unbeständig und erfährt weitere chemische Veränderungen, die wiederum von der Emission von α-Strahlen und in manchen Fällen auch von β-Strahlen begleitet sind.

Das Vermögen, das radioaktive Körper besitzen, in anscheinend spontaner Weise bedeutende Massen mit ungeheuerer Geschwindigkeit auszusenden, liefert eine Stütze für die Auffassung, nach der die Atome dieser Substanzen wenigstens zum Teil aus schnell rotierenden oder oscillierenden Systemen schwerer geladener Körper bestehen, die gross sind im Vergleich mit dem Elektron.

Das plötzliche Entweichen dieser Massen aus ihren Bahnen mag auf Rechnung der Einwirkung innerer oder äusserer Kräfte kommen, von denen wir augenblicklich keine Kenntnis haben.

Es folgt auch aus der projektiven Natur der Strahlen, dass radioaktive Körper Gewichtsverluste erleiden müssen, wenn sie in versiegelten Gefässen aufbewahrt werden, die so dünn sind, dass die α-Strahlen entweichen können. Eine solche Abnahme ist kürzlich von Heydweiller[1]) beobachtet worden, allerdings anscheinend unter Bedingungen, bei denen die α-Strahlen in der die aktive Materie enthaltenden Röhre reichlich absorbiert werden würden.

Bemerken will ich, dass es sehr wichtig wäre, zu entscheiden, ob der von Heydweiller beobachtete Gewichtsverlust von einer Gewichtsabnahme des Radiums selbst oder von einer solchen der Glashülle herrührt, denn bekanntlich erzeugen Radiumstrahlen schnelle Färbungen der ganzen Glasröhre, so dass es möglich wäre, dass eine chemische Veränderung bis an die Oberfläche des Glases geht und die beobachteten Wirkungen hervorruft.

1) Diese Zeitschr. **4**, 81, 1902.

Mc. Gill University, Montreal, 10. Nov. 1902.

(Aus dem Englischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 5. Dezember 1902.)

Mitteilungen aus dem physikalisch-mechanischen Institute von Prof. Dr. M. Th. Edelmann.

Nr. 3[1]): M. Th. Edelmann, Funkenmikrometer.

Da bei der ursprünglichen Einrichtung des Riessschen Funkenmikrometers die metallische Fassung für die Entladungskugeln und die Klemmschrauben störend wirken, wurde folgende Konstruktion mit Erfolg versucht.

Auf dem Ende *R* (Fig. 1) einer prismatischen Bahn und auf dem vermittels Mikrometereinrichtung *kTi*, bezüglich seiner jeweiligen Stellung wie gewöhnlich ablesbaren Schlitten *S* sind zwei Hartgummisäulen *A* und *B* befestigt. Dieselben sind nach oben zu verjüngt und so abgebogen, dass sich ihre Enden *a b* einander stark nähern. Dadurch treten gegenüber den

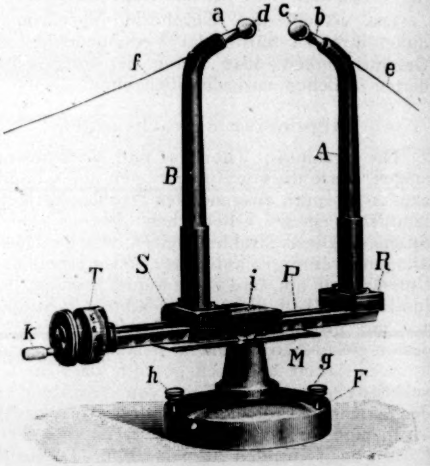


Fig. 1.

Entladungskugeln *c d* und der Funkenstrecke sowohl das Isoliermaterial als auch die Zuleitungsdrähte *a f* genügend in den Hintergrund; auch durch die in Fig. 2 detailliert gezeichnete Art und Weise der Verbindung zwischen den Zuleitungsdrähten und Entladekugeln entsteht keine Veranlassung zu Unregelmässigkeiten der die Kugeln umlagernden äquipotentiellen Flächen.

Die millimeterdicken Leitungsdrähte *e f* sind zunächst vermittels eines dem Apparate beigegebenen Gewindeschneiders mit Gewinde versehen worden. In passendem Abstande bei *p* und *r* werden hierauf diese Drähte durch einen Hammerschlag auf harter Unterlage in schmaler Strecke breit geschlagen, so dass die millimeterweit ausgebohrten und über die Drahtenden übergesteckten Hartgummikügelchen *m n*

1) Nr. 2: Diese Zeitschr. **3**, 525, 1902.

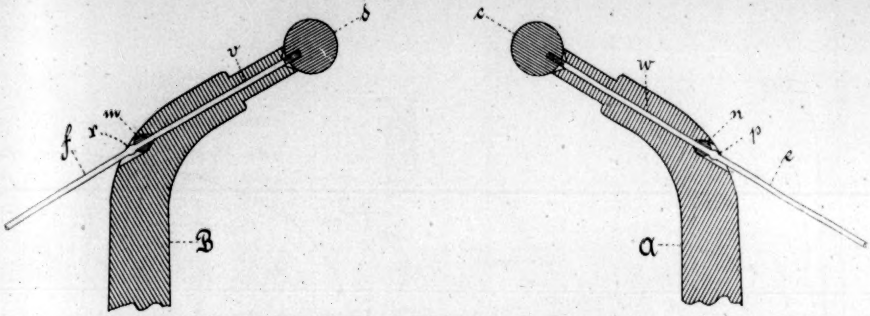


Fig. 2.

Stützpunkte finden. Endlich werden die Zuleitungsdrähte durch die Ausbohrungen *v w* der Hörner *A B* gesteckt und die Kugeln *c d* auf die Leitungsdrähte aufgeschraubt, wobei sich die Hartgummikügelchen *m n* gegen passende Erweiterungen der Ausbohrungen *v w* stemmen. Die Kugeln können, um neue Flächen für die Entladung darzubieten, gedreht werden.

Das Ganze ist über einem schweren, mit Blei ausgegossenen Fuss *F* aufgebaut. Drei schlanke Stahlspitzen *h, g, (u)* können aus dem Fuss hervorgeschraubt und in die Tischplatte eingedrückt werden.

Dem Apparate sind drei verschieden grosse Kugelpaare (5, 10, 15 mm) beigegeben. Fig. 1 ist 1 : 4,5 der natürlichen Grösse. Ablesemöglichkeit bis 0,001 mm.

München, 9. Dezember 1902.

(Eingegangen 15. Dezember 1902).

Untersuchung über das Selbsterregen der dynamo-elektrischen Maschinen.

(II. Teil.)

Von Leo Finzi.

Abhängigkeit der Selbsterregung von der Tourenzahl.

Diese Abhängigkeit wurde an einer vierpoligen Stahlmaschine von einer Leistung von 220 Volt und 250 Ampère untersucht. Die Maschine hat Trommelanker mit Reihenschaltung; der Anker besitzt 105 Nuten und in jeder derselben sind 2 Stäbe eingebettet. Der Ankerdurchmesser beträgt 440 mm, der Luftzwischenraum 3,5 mm. Die Polkerne tragen Pollappen, deren Breite sich zur Polteilung wie 4 : 5 verhält. Die Magnetwindungszahl pro Pol ist 2600.

Die Maschine läuft normal bei 700 Touren, und wurde bei 450, 485, 580, 700 und 800 geprüft. Hierbei musste natürlicherweise der Widerstand des Erregerkreises konstant und die Remanenzspannung am Anfang jedes Versuches proportional der Tourenzahl sein. Die Remanenz, in Volt pro Umdrehung ausgedrückt, ist im wesentlichen konstant, wie aus den Tabellen 7 bis 11 ersichtlich. Die Touren blieben auch bei jeder Versuchsreihe konstant. Entsprechend den oben angegebenen Tourenzahlen war die Zeit der Selbsterregung gleich 2 Minuten und 25 Sekunden, bezw. 1′ 50″, 50″, 30″ und 25″. Der Wert der Spannung im Beharrungszustande betrug 99,6 bezw. 116,1, 159, 212 und 265,2 Volt.

Auch hier (siehe Figur 6) steigt die Spannung zuerst langsam, dann schneller und dann wieder langsamer; die beiden Kniee werden bei Verkleinerung der Tourenzahl immer flacher und der geradlinige Teil zwischen denselben immer kürzer.

Die Kurve $t = f(n)$ der Figur 7 stellt die Abhängigkeit der Dauer des Vorganges von der Tourenzahl der Maschine dar. Die Abscissen sind die Tourenzahlen pro Minute, die Ordinaten sind die zugehörigen Zeiten, die nötig wurden, um die Spannung auf ihren vollen konstanten Wert zu bringen. Auch hier zeigt sich der hyperbolische Charakter der Kurve. Bei abnehmender Tourenzahl steigt die Zeit der Selbsterregung sehr rasch, und die Kurve nähert sich fast asymptotisch der Ordinatenachse. Die Kurve $t = f([i_m]_{max})$, welche die Dauer der Selbsterregung als Funktion des maximalen Erregerstromes darstellt, verläuft ähnlich wie die vorige. Hierbei sind die Abscissen die Erregerstromstärken im Beharrungszustande (in Ampère) und die Ordinaten die Zeiten der Selbsterregung (in Sekunden). Die Kurve $E = f(i_m)$ stellt die statische Charakteristik der Maschine bei 700 Touren dar.

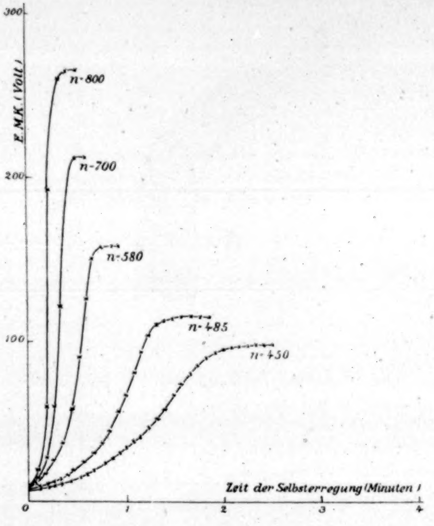


Fig. 6.

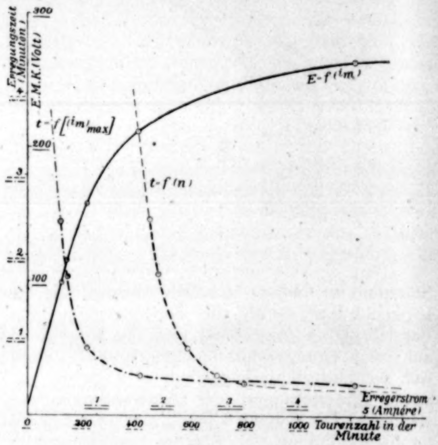


Fig. 7.

Abhängigkeit der Selbsterregung von der Grösse der Remanenz.

Dieselbe Maschine wurde bezüglich dieser Abhängigkeit untersucht. Die Tourenzahl und der Widerstand des Erregerkreises blieben konstant, während die Grösse der Remanenz jedesmal verändert wurde. In der Tabelle 12 ist die Remanenzspannung 4,24 Volt und dabei dauert das Ansteigen 30 Sekunden. In der Tabelle 13 ist die Remanenzspannung 3,59 Volt und das Ansteigen der Spannung dauert 35″. Bei den kleineren Remanenzen (Tabellen 14 bis 22) von 3,16, 2,2, 1,79, 1,37, 1,14, 0,995, 0,692, 0,057, 0,044 Volt ist die Dauer des Selbsterregens 35″ bezw. 40″, 50″, 1′, 1′, 1′15″, 1′35″.

Der Einfluss der Remanenz zeigt sich nur in dem ersten Teile der Kurven (Figur 8); bis zu dem ersten Knie ist die Entwickelung der Spannung bei kleineren Remanenzen viel langsamer. In der Figur 8 rechts sind diese Teile der Kurven zur besseren Übersicht in vergrössertem Massstabe gezeichnet; von dem unteren Knie an verlaufen alle Kurven gleich und erreichen dieselbe Maximalspannung.

Figur 9 enthält die Zusammenstellung der Resultate. Die Kurve $t = f([i_m]_{max})$ ist eine zur Ordinatenachse parallele Gerade. Die Kurve $t = f(E_{rem})$, welche die Abhängigkeit der Zeitdauer der Selbsterregung von der Grösse des remanenten Magnetismus der Maschine darstellt, ist gegen die Abscissenachse geneigt und würde dieselbe bei 225 Volt durchschneiden, denn es würde, falls die Remanenzspannung gleich der Spannung im stationären Zustande wäre, die Zeit der Selbsterregung gleich Null sein.

Für kleinere Remanenzen steigt die Kurve sehr rasch und nähert sich asymptotisch der Ordinatenachse; erst bei einer unendlich kleinen Remanenz würde das Ansteigen unendlich lange dauern, denn eine Selbsterregung der Maschine wäre ohne Remanenz nicht möglich.

Versucht man das Problem rechnerisch zu verfolgen, so sieht man, dass die Formeln der Erscheinung nicht gerecht werden. In seiner Allgemeinheit lässt sich das Problem nicht lösen, und unter Vereinfachungen und Annahmen kommt man zu Resultaten, welche mit den Versuchsergebnissen nicht übereinstimmen. In dem einfachsten Falle der Nebenschlussmaschine mit offenem äusseren Stromkreise, wobei die von dem kleinen, nur zur Selbsterregung dienenden Ankerstrome auf das magnetische Feld ausgeübte Rückwirkung und die Selbstinduktion der durch die Bürsten kurz geschlossenen Ankerwindungen wohl vernachlässigt werden dürfen, lässt sich die Grundgleichung aufstellen:

$$1)\qquad R i = c n \varphi - m \frac{d\varphi}{dt}.$$

Der Posten $c n \varphi$ stellt die durch die Drehung des Ankers in diesem induzierte E.M.K. dar, welche proportional der Tourenzahl n und dem Kraftlinienflusse ist, und der Posten $-m \frac{d\varphi}{dt}$

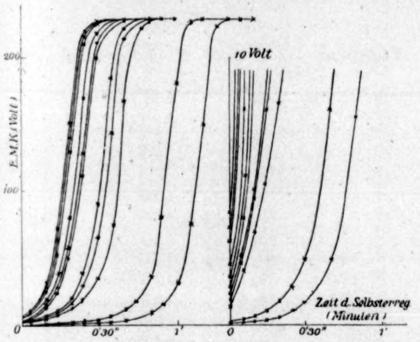


Fig. 8.

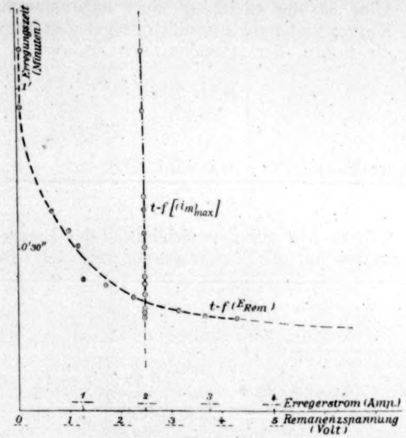


Fig. 9.

stellt die durch die Veränderung des Kraftlinienflusses in den m-Windungen der Magnetspulen induzierte, der E.M.K. des Ankers entgegengerichtete elektromotorische Kraft der Selbstinduktion dar. Nach Eintreten des Beharrungszustandes nehmen i und φ die konstanten Werte $\mathfrak{J}$ und Φ an, $\frac{d\varphi}{dt}$ wird gleich Null, und die E.M.K. der Selbstinduktion tritt nicht mehr auf. Es gilt folglich als Gleichung des dynamo-elektrischen Gleichgewichtes:

$$2)\qquad R\,\mathfrak{J} = c\,n\,\Phi.$$

Will man die Gleichung (1) integrieren, um in einem beliebigen Augenblicke den Wert des Kraftlinienflusses zu ermitteln, so stösst man zuerst auf die Frage: wie hängt der Kraftlinienfluss von dem erregenden Strome ab? Man hat in der Praxis davon Abstand genommen, die magnetische Induktion als Funktion der magnetisierenden Kraft analytisch ausdrücken zu wollen, und man begnügt sich gewöhnlich mit der Hopkinsonschen Kurve, d. h. mit der graphischen Darstellung dieser Funktion, deren Grundlage durch die experimentell ermittelten Induktionskurven gegeben ist. Beschränkt man sich auf den Fall einer so kleinen konstanten Tourenzahl oder eines so grossen Widerstandes des Erregerkreises, dass die Maschine schwach gesättigt sei und im stationären Zustande noch unter dem Knie in dem nahezu geradlinigen Teile der Charakteristik arbeite, so ergiebt sich die Kraftlinienzahl als Summe aus den der Remanenz entsprechenden Kraftlinien Φ_r und den Kraftlinien, die von der erregenden Kraft proportional derselben erzeugt werden. Wenn L den in diesem Falle konstanten Selbstinduktionskoeffizienten der Magnetspulen bedeutet, so ist:

$$\varphi = \Phi_r + \frac{L}{m}\,i$$

und Gleichung (1) wird:

$$c\,n\,\Phi_r = \left(R - c\,n\,\frac{L}{m}\right) i + L\,\frac{di}{dt}.$$

Durch Integration ergiebt sich:

$$i = \frac{c\,n\,\Phi_r}{R - c\,n\,\frac{L}{m}} + \varkappa\,\varepsilon^{-\frac{R - c\,n\,\frac{L}{m}}{L}t},$$

wobei $\varkappa$ die Integrationskonstante und ε die Basis des natürlichen Logarithmensystems bedeutet. Die Integrationskonstante $\varkappa$ ist bestimmt durch den Umstand, dass, wenn $t = 0$ ist, dann auch $i = 0$ wird und deshalb

$$\varkappa = \frac{c\,n\,\Phi_r}{R - c\,n\,\frac{L}{m}}.$$

Man erhält dann als Resultat:

$$i = \frac{c\,n\,\Phi_r}{R - c\,n\,\frac{L}{m}}\left(1 - \varepsilon^{-\frac{R - c\,n\,\frac{L}{m}}{L}t}\right),$$

und für die E.M.K.:

$$e = c\,n\left[\Phi_r + \frac{L}{m}\left(\frac{c\,n\,\Phi_r}{R - c\,n\,\frac{L}{m}}\left\{1 - \varepsilon^{-\frac{R - c\,n\,\frac{L}{m}}{L}t}\right\}\right)\right].$$

Dies ist die Gleichung einer logarithmischen Kurve; erst nach unendlich langer Zeit würde die E.M.K. der Maschine ihren Endwert

$$e = c\,n\left[\Phi_r + \frac{L}{m}\,\frac{c\,n\,\Phi_r}{R - c\,n\,\frac{L}{m}}\right]$$

erreichen. Für $t = 0$ wird

$$e = c\,n\,\Phi_r,$$

d. h. es tritt vor dem Schliessen des Erregerkreises nur die Remanenzspannung auf. Für

$$t = \frac{L}{R - c\,n\,\frac{L}{m}} \text{ wird}$$

$$e = c\,n\left[\Phi_r + \frac{L}{m}\,\frac{c\,n\,\Phi_r}{R - c\,n\,\frac{L}{m}}\,\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}\right]$$

$$= c\,n\,\Phi + c\,n\,\frac{L}{m}\,\frac{c\,n\,\Phi}{R - c\,n\,\frac{L}{m}}\,0{,}632.$$

Hieraus ergiebt sich die Definition der Grösse

$$\frac{L}{R - c\,n\,\frac{L}{m}}$$

als „Zeitkonstante", nämlich als die Zeit, gerechnet vom Moment des Schliessens des Erregerkreises bis zu dem Moment, in welchem derjenige Teil der Spannung, der vom Erregerstrom erzeugt wird, den Wert 0,632 seines praktisch maximalen stationären Wertes erreicht hat.

Die Erfahrung bestätigt dies nicht. Wahrscheinlich liegt der Hauptgrund dieser Nichtübereinstimmung in der magnetischen Verzögerung, welche besonders bei langsamen Änderungen der magnetisierenden Kraft und Eisenmassen mit beträchtlichen Dimensionen es bewirkt, dass nach jeder Änderung der magnetischen Kraft einige Zeit vergeht, bis sich der entsprechende magnetische Zustand vollständig hergestellt hat. Unberücksichtigt in der vorigen theoretischen Ableitung ist ausserdem die hemmende Wirkung der in der ganzen Masse von dem veränderlichen Kraftflusse induzierten Wirbelströme. Zum Schlusse ist zu bemerken, dass die Annahme der Proportionalitätsbeziehung zwischen den magnetisierenden Ampèrewindungen und dem induzierten Kraftlinienfluss auch für schwach gesättigte Stahlmaschinen mit grossem Luftspalte nicht ganz zutreffend ist, da jede Charakteristik sich in ihrem anfänglichen Verlauf etwas konvex gegen die Abscissenachse zeigt.

Tabelle 7—11 (Figur 6): Widerstand und Remanenz konstant, Tourenzahl variabel.

Tabelle 7.

Remanenz $\frac{2.78}{450} = 0.00618$ Tourenzahl = 450

N	Zeit	E.M.K.	Touren
1	0"	2.78	450
2	5"	5.2	450
3	10"	7.4	450
4	15"	9.4	449
5	20"	11.2	448
6	25"	13.3	449
7	30"	15.2	450
8	35"	17.5	450
9	40"	19.8	451
10	45"	22.0	450
11	50"	24.7	449
12	55"	28.0	449
13	60"	31.0	449
14	1' 5"	35.4	450
15	1' 10"	40.3	450
16	1' 15"	45.5	450
17	1' 20"	51.5	453
18	1' 25"	58.1	452
19	1' 30"	65.5	456
20	1' 35"	72.2	449
21	1' 40"	80.0	449
22	1' 45"	86.0	448
23	1' 50"	91.0	448
24	1' 55"	94.8	448
25	2'	97.0	448
26	2' 5"	98.0	448
27	2' 10"	98.6	448
28	2' 15"	99.0	448
29	2' 20"	99.2	448
30	2' 25"	99.6	448
31	2' 30"	99.6	448
32	2' 35"	99.6	447

Tabelle 8.

Remanenz $\frac{3.0}{485} = 0.00619$. Tourenzahl 485.

N	Zeit	E.M.K.	Touren
1	0	3.0	485
2	5"	6.4	485
3	10"	8.8	485
4	15"	11.0	487
5	20"	13.7	487
6	25"	16.6	484
7	30"	20.1	485
8	35"	24.5	485
9	40"	29.0	480
10	45"	35.8	481
11	50"	43.5	485
12	55"	55.0	485

N	Zeit	E.M.K.	Touren
13	1'	66.0	486
14	1' 5"	80.5	486
15	1' 10"	94.1	483
16	1' 15"	103.0	483
17	1' 20"	109.0	483
18	1' 25"	112.3	485
19	1' 30"	114.0	484
20	1' 35"	115.2	482
21	1' 40"	115.6	485
22	1' 45"	116.0	484
23	1' 50"	116.1	486
24	1' 55"	116.0	484

Tabelle 9.

Remanenz $\frac{3.6}{580} = 0.00620$. Tourenzahl 580.

N_0	Zeit	E.M.K.	Touren
1	0	3.6	581
2	5"	8.8	580
3	10	16.0	580
4	15"	25.0	580
5	20"	38.0	580
6	25'	58.0	579
7	30"	88.0	579
8	35"	125.0	579
9	40"	151.0	577
10	45"	158.0	577
11	50"	159.0	577
12	55"	159.0	577

Tabelle 10.

Remanenz $\frac{4.3}{700} = 0.00615$. Tourenzahl 700.

N_0	Zeit	E.M.K.	Touren
1	0	4.3	702
2	5"	14.0	700
3	10"	27.0	702
4	15"	60.0	700
5	20"	120.0	698
6	25"	—	698
7	30"	212.0	697
8	35"	212.0	697

Tabelle 11.

Remanenz $\frac{4.9}{800} = 0.00613$. Tourenazhl 800.

N_0	Zeit	E.M.K.	Touren
1	0	4.9	800
2	5"	20.0	800
3	10"	60.0	805
4	15"	172.0	802
5	20"	260.0	800
6	25"	265.2	798
7	30"	265.2	798
8	35"	265.2	798

Tabelle 8—22 (Figur 8):

Tourenzahl und Widerstand konstant, Remanenz variabel.

Tabelle 12.

Remanenz $= \frac{4.24}{700} = 0.0605$.

N	Zeit	E.M.K.	Touren
1	0	4.24	700
2	5"	14.0	702
3	10"	36.0	700
4	15"	70.0	698
5	20"	150.0	699
6	25"	216.0	700
7	30"	225.0	700
8	35"	225.0	700

Tabelle 13.

Remanenz $= \frac{3.59}{701} = 0.00512$.

N	Zeit	E.M.K.	Touren
1	0	3.59	701
2	5"	12.0	700
3	10"	30.0	700
4	15"	65.0	700
5	20"	140.0	699
6	25"	216.0	699
7	30"	220.8	699
8	35"	222.0	699
9	40"	224.6	699
10	45"	224.6	699

Tabelle 14.

Remanenz $= \frac{3.16}{698} = 0.00452$.

N	Zeit	E.M.K.	Touren
1	0	3.16	698
2	5"	11.0	699
3	10	25.0	700
4	15"	60.0	700
5	20	130.0	700
6	25"	208.0	699
7	30"	222.0	699
8	35"	224.2	698
9	40"	224.2	698

Tabelle 15.

Remanenz $= \frac{2.2}{700} = 0.00314$.

N	Zeit	E.M.K.	Touren
1	0	2.2	700
2	5"	8.0	700
3	10"	16.0	700
4	15"	40.0	700
5	20"	80.0	700
6	25"	168.0	700
7	30"	222.0	700
8	35"	224.0	700
9	40"	224.5	700

Tabelle 16.

$$\text{Remanenz} = \frac{1.79}{700} = 0.00255.$$

N	Zeit	E.M.K.	Touren
1	0	1.79	700
2	5″	5.5	700
3	10″	11.0	750
4	15″	24.0	700
5	20″	55.1	698
6	25″	130.0	698
7	30″	212.0	698
8	35″	223.2	698
9	40″	224.2	698
10	45″	226.0	700
11	50″	225.6	700

Tabelle 17.

$$\text{Remanenz} = \frac{1.37}{698} = 0.00196.$$

N	Zeit	E.M.K.	Touren
1	0	1.37	698
2	5″	4.1	701
3	10″	9.8	701
4	15″	21.0	700
5	20″	50.0	698
6	25″	110.0	699
7	30″	196.0	699
8	35″	224.6	699
9	40″	224.8	699
10	45″	226.0	699
11	50″	225.2	696

Tabelle 18.

$$\text{Remanenz} = \frac{1.14}{700} = 0.00162.$$

N	Zeit	E.M.K.	Touren
1	0	1.14	700
2	5″	3.0	700
3	10″	5.0	700
4	15″	9.0	701
5	20″	18.0	700
6	25″	38.0	699
7	30″	90.0	698
8	35″	184.0	698
9	40″	222.0	700
10	45″	225.2	700
11	50″	225.2	700

Tabelle 19.

$$\text{Remanenz} = \frac{0.995}{700} = 0.00142.$$

N	Zeit	E.M.K.	Touren
1	0	0.995	700
2	5″	2.5	701
3	10″	4.9	700
4	15″	8.0	698
5	20″	14.0	698
6	25″	29.0	700
7	30″	62.0	702
8	35″	150.0	696
9	40″	216.0	698
10	45″	224.0	700
11	50″	224.4	699
12	55″	226.0	698
13	1′	225.6	697

Tabelle 20.

$$\text{Remanenz} = \frac{0.692}{698} = 0.000991.$$

N	Zeit	E.M.K.	Touren
1	0	0.692	698
2	5″	2.1	698
3	10″	3.5	698
4	15″	5.2	698
5	20″	8.3	697
6	25″	15.0	697
7	30″	32.0	697
8	35″	74.0	697
9	—	—	—
10	—	—	—
11	50″	220.0	697
12	55″	224.4	697
13	1′	224.4	697

Tabelle 21.

$$\text{Remanenz} = \frac{0.057}{701} = 0.0000813.$$

N	Zeit	E.M.K.	Touren
1	0	0.057	701
2	15″	0.367	702
3	20″	0.611	698
4	25″	0.978	698
5	30″	1.37	698
6	35″	2.61	700
7	40″	4.24	700
8	45″	8.0	700
9	50″	16.0	701
10	55″	35.0	699
11	1′	80.1	699
12	1′ 5″	176.0	699
13	1′ 10″	224.0	700
14	1′ 15″	224.8	700
15	1′ 20″	224.8	700

Tabelle 22.

$$\text{Remanenz} = \frac{0.044}{700} = 0.0000628.$$

N	Zeit	E.M.K.	Touren
1	0	0.044	700
2	5″	0.0815	700
3	10″	0.147	700
4	15″	0.261	700
5	20″	0.4075	700
6	25″	0.587	698
7	30″	0.895	697

N	Zeit	E.M.K.	Touren	N	Zeit	E.M.K.	Touren
8	35"	1.468	698	14	1' 15"	150.0	699
9	40"	2.44	698	15	1' 20"	222.0	699
10	45"	4.0	701	16	1' 25"	224.0	699
11	50"	7.75	700	17	1' 30"	225.2	698
12	1' 5"	32.0	699	18	1' 35"	225.4	698
13	1' 10"	75.0	699				

(Eingegangen 19. November 1902.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Zwei Antrittsreden.

Von L. Boltzmann.

Vorwort.

Wiederholt an mich ergangenen Aufforderungen gemäss übergebe ich hier den Inhalt der beiden Vorlesungen dem Drucke, welche ich beim Antritte meiner Lehrthätigkeit an der Universität Leipzig und beim Wiederantritt meiner alten Professur in Wien gehalten habe, obwohl ich überzeugt bin, dass diejenigen, welche diese Vorlesungen nicht schon gehört haben, gewaltig enttäuscht sein werden.

Sie werden eine neue Auflage der philosophisch-kritischen Betrachtungen erwarten, die ich einst in einem Vortrage gelegentlich der Naturforscherversammlung in München vorbrachte. Sie bedenken nicht, dass dort mein Auditorium ein ganz anderes war. Dort bestand es der Mehrzahl nach aus Männern, welche, wenn auch nicht alle in sämtliche Details der theoretischen Physik eingeweiht, doch mit Wissenschaft übersättigt waren, so dass sie immerhin nach den Schweizerpillen der kritischen Philosophie Verlangen haben konnten.

Aber was sollten diese einem Auditorium, wie ich es für die beiden hier wiedergegebenen Vorträge erwartete, einem Auditorium von Jünglingen, die voll Hunger nach Wissenschaft die Lehren derselben erst in sich aufnehmen, nicht wieder von sich geben wollten, die mehr nach einem Appetit reizenden Vorgericht, als nach einem die Verdauung fördernden Nachgericht verlangten.

Das war wenigstens meine Ansicht, mag dieselbe richtig oder falsch gewesen sein. Jedenfalls beurteile man die folgenden beiden Vorträge mit Nachsicht und erwarte darin keinen Tiefsinn, sondern nur harmlose Plauderei.

Wien XVIII/1, Haizingergasse 26,
den 1. November 1902.

Ludwig Boltzmann.

1. Antritts-Vorlesung. Gehalten in Leipzig im November 1900.

Hochansehnliche Versammlung!

Wenn wir neue Gäste in das von uns lange bewohnte Heim einzuführen gedenken, so pflegen wir die Eingangsthür festlich zu schmücken. Ich bin an diese altehrwürdige Universität berufen worden, um Sie einzuführen in den weitläufigen und imposanten Bau der theoretischen Physik. Die Eingangspforte, durch welche wir diesen Bau betreten wollen, ist die analytische Mechanik. Kein Wunder daher, dass ich Ihnen dieselbe in ihrem schönsten Schmucke zeigen möchte, mit dem sie zwar nicht von mir, aber im Verlaufe der Jahrhunderte von den erlesensten Geistern geziert worden ist.

Als echter Theoretiker will ich vor allem äusseren Beiwerke den inneren Kern ins Auge fassen. Die Definition der analytischen Mechanik ist eine sehr einfache. Sie ist die Lehre von den Gesetzen, nach denen die Bewegung der Körper erfolgt. Die Kenntnis dieser Gesetze ist für die Behandlung zahlreicher Maschinen und ähnlicher Vorrichtungen erforderlich, deren einfachste Formen schon im grauen Altertume, so bei den Ägyptern und Babyloniern, bekannt waren. Wir dürfen uns daher nicht wundern, dass die ersten Anfänge der Erforschung mechanischer Gesetze sehr weit zurückreichen. Obwohl es sich hierbei fast immer darum handelte, Körper in Bewegung zu setzen, so beschränkte man sich, abgesehen von wenigen verunglückten Versuchen, bis auf Galilei ausschliesslich auf die Bedingungen des Gleichgewichtes, welche in den damals untersuchten Fällen zusammenfielen mit den Bedingungen, unter denen Körper sich gar nicht bewegen. Es ist merkwürdig, dass man mit der Betrachtung dieses Falles, der nach unserer Definition der Mechanik sich allerdings unter dieselbe subsumiert, aber doch nur als ein ganz spezieller Fall, gewissermassen ein Ausnahmefall, zur Beurteilung der damals gebrauchten Maschinen ausreichte; aber da man von dem eigentlich zu Beschreibenden, der wirklichen Bewegung, gerade absah, so war man zu einer Mechanik im eigentlichen Sinne noch nicht gelangt. Diese beginnt erst mit Galilei, welcher durch ebenso sinnreiche wie fundamentale Versuche die Grundgesetze für die einfachsten Fälle der Bewegung ein für allemal feststellte.

Man hätte nun erwarten können, dass diese Gesetze zunächst auf kompliziertere irdische

Erscheinungen, z. B. das Wachstum eines Grashalmes, angewendet und dadurch erweitert werden würden; allein dies war keineswegs der Fall. Diese und ähnliche für den naiven Beobachter unscheinbare irdische Vorgänge sind uns noch heute vollkommen rätselhaft. Der Fortschritt wurde vielmehr dadurch inauguriert, dass Newton die von Galilei gefundenen Grundgesetze sofort auf die Bewegung des uns Entlegensten, nämlich der Himmelskörper, anwandte und man kann mit Schiller sagen: „Fürwahr, ihn hat kein Wahn betrogen, als er aufwärts zu den Sternen sah!"; denn gerade auf diesem Wege fand Newton jene Erweiterungen und Vervollständigungen der Galileischen Gesetze, welche dann wieder Anwendung auf kompliziertere irdische Bewegungen gestatteten, so dass es ihm gelang, eine Theorie der Bewegung der Körper von solcher Vollendung auszuarbeiten, dass dieselbe bis heute das Fundament nicht nur der Mechanik, sondern der ganzen theoretischen Physik geworden ist.

Auf dieser von Newton geschaffenen Grundlage wurde weiter gebaut von den hervorragendsten Analysten aller Nationen, so Lagrange, Laplace, Euler, Hamilton, und es erwuchs aus der analytischen Mechanik eine Schöpfung, welche wohl mit Recht als Muster für jede mathematisch-physikalische Theorie bewundert wird.

Es gelang zunächst, die Gesetze der Bewegung der starren Körper in Gleichungen zu fassen, so dass jedes derartige Problem auf eine reine Rechenaufgabe zurückgeführt werden kann.

Man machte sich aber auch eine mechanische Vorstellung von dem inneren Baue der festen Körper und Flüssigkeiten, und gelangte so zu Gleichungen, welche die Gesetze der elastischen Eigenschaften der ersteren, ihrer Deformationen, ihrer Festigkeit, sowie der Bewegungen der letzteren ausdrücken. Wenn aber ein Erscheinungsgebiet in Gleichungen gefasst ist, so sieht der Physiker seine Aufgabe für gethan an. Die Auflösung der Gleichungen schiebt er dem Mathematiker zu. Wie weit man entfernt ist, alle diese Gleichungen wirklich lösen, d. h. in allen Fällen daraus wirklich ein anschauliches Bild der betreffenden Vorgänge gewinnen zu können, das zeigt ein Blick auf einen schäumenden Bach oder auf die von einem grossen Dampfer erzeugten Wasserwogen. Wie ohnmächtig ist die Analyse, die Details aller dieser Erscheinungen aus den hydrodynamischen Gleichungen heraus zu lesen. Aber doch liefert die Mechanik auf allen diesen Gebieten Formeln, welche auch für die Praxis von unschätzbarem Werte sind, ebenso für die Konstruktion von Bauwerken, eisernen Brücken und Türmen, wie für die Anlage von Kanälen, Wasserwerken etc., gar nicht zu reden von den zahllosen Maschinen, die von Tag zu Tag in staunenswerter Weise das Werk der Menschenhand nicht nur ersetzen, sondern übertreffen.

Die Übung, mechanisch zu denken, ist in allen Fällen des praktischen Lebens vom höchsten Nutzen und wirkt gestaltend und ausbildend auf das gesamte Geistesleben. Wie ein guter Pädagoge in richtiger psychologischer Kenntnis jeden seiner Mitmenschen gerade so behandelt, wie es dessen Individualität erheischt, so kommt der mechanisch Denkende jedem Mechanismus vom einfachsten bis zum kompliziertesten mit Achtung und Liebe entgegen und letzterer lohnt es, indem er die Wünsche seines Herrn erfüllt, während sich der mechanisch Ungebildete nicht einmal merkt, in welchem Sinne eine Schraube zu drehen ist und unauflöslich fest verbindet, was er gerade trennen will.

Wenn eine Nation grosse Erfolge erzielt hat im Vergleiche mit den in der Nachbarschaft wohnenden, so pflegt sie eine gewisse Hegemonie über die letzteren zu erlangen, ja sie geht nicht selten daran, sie zu unterjochen und sich dienstbar zu machen. Gerade so ergeht es auch mit den wissenschaftlichen Disziplinen. Die Mechanik erlangte bald die Hegemonie in der gesamten Physik. Zunächst unterwarf sich ihr naturgemäss und widerstandslos die Akustik. Die betreffenden Erscheinungen sind aufs innigste mit Bewegungserscheinungen verknüpft, welche freilich so rasch vor sich gehen, dass sie nicht direkt mit dem Auge verfolgt werden können, aber doch ihren rein kinetischen Charakter selbst der bloss oberflächlichen Beobachtung nicht verleugnen können. Ja durch künstliche Mittel kann sowohl die Bewegung der Schallerreger, als auch der in der Luft fortgepflanzten Schallwelle direkt sichtbar und erkennbar gemacht werden. Die Akustik wurde also sofort von der Mechanik als ihre Domäne in Anspruch genommen. Dasselbe geschah auch mit der Optik, als man erkannt hatte, dass das Licht ebenso wie der Schall eine Wellen- und Schwingungserscheinung ist. Freilich war da die Konstruktion eines schwingenden Mediums vollkommen der Phantasie überlassen und stiess auch auf nicht geringe Schwierigkeiten.

Den Feldzug in das Gebiet der Wärmetheorie eröffnete die Mechanik durch die Vorstellung, dass die Wärme eine Bewegung der kleinsten Teilchen der Körper sei, welche eben wegen der Unwahrnehmbarkeit dieser kleinsten Teilchen dem Auge unsichtbar bleibt, aber sich dadurch zu erkennen giebt, dass sie, wenn sie sich den Molekülen unseres Körpers mitteilt, daselbst das Gefühl der Wärme, wenn sie unserem Körper entzogen wird, das Gefühl der Kälte erzeugt. Dieser Feldzug war ein sieg-

reicher, da die geschilderte Hypothese ein sehr klares Bild vom Verhalten desjenigen Agens liefert, welches man Wärme nennt, ein weit vollständigeres, als die frühere Ansicht, dass dieses Agens sich analog wie ein Stoff verhalte.

Elektrizität und Magnetismus wurden den mechanischen Gesetzen untergeordnet durch die Hypothese der elektrischen und magnetischen Fluida, deren Teilchen nach einem Gesetze aufeinander wirken sollten, welches nur eine Modifikation des von Newton für die Wechselwirkung der Weltkörper aufgestellten ist, also durchaus im Boden der reinen Mechanik wurzelt. Auf eine Mechanik der Anziehungs- und Abstossungskräfte, sowie der gegenseitigen Bewegung heterogener Atome suchte man endlich mit vielem Erfolge auch die chemischen Erscheinungen sowie die der Krystallbildung zurückzuführen, welche erstere ja soviel Verwandtschaft mit den Wärmeerscheinungen einer- und den elektrischen Erscheinungen andererseits haben. Von der Gegenbewegung, welche in neuerer Zeit gegen dieses Bestreben der Theorie unternommen wurde, soll später die Rede sein.

Selbst die oberflächlichste Beobachtung zeigt, dass die mechanischen Gesetze nicht auf die unbelebte Natur beschränkt sind. Das Auge ist bis ins kleinste Detail eine optische Dunkelkammer, das Herz eine Pumpe, die Muskulatur ein kompliziertes, nur vom Standpunkt der reinen Mechanik verständliches Hebelsystem, welches die scheinbar verwickeltsten Probleme mit den einfachsten Mitteln löst. So werden alle denkbaren Bewegungen des Auges durch sechs Muskelstränge bewirkt, welche wie ziehende Fäden auf eine um ihren Mittelpunkt bewegliche Kugel wirken; freilich, der volle Ausdruck des Augenaufschlages, das Senken des Blickes, wovon die Novellendichter erzählen, ist durch die äussere Dekoration, das Spiel der Augenlider und Gesichtsmuskel und anderes mitbedingt.

Die Anwendbarkeit der Mechanik erstreckt sich nun weiter in das Gebiet des Geistigen hinein, als man bei oberflächlicher Betrachtung vermuten würde. Wer hätte z. B. nicht schon Beobachtungen gemacht, welche die mechanische Natur des Gedächtnisses belegen? Nicht selten musste ich einst, um mir eine griechische Vokabel ins Gedächtnis zurückzurufen, eine ganze Reihe memorierter homerischer Verse recitieren, wobei sich dann das Wort an der betreffenden Stelle sofort einstellte. Als ich mich wochenlang ausschliesslich mit Hertz' Mechanik befasst hatte, wollte ich einmal mit den Worten „Liebes Herz“ einen Brief an meine Frau beginnen und ehe ich mich versah, hatte ich Herz mit tz geschrieben.

Jedermann weiss, wie oft uns die angeborne Weckuhr, die wir im Gedächtnisse besitzen, im Stiche lässt, wenn sie nicht durch besondere Mechanismen (einen Knopf im Taschentuche, Hängen des Regenschirmes über den Winterrock) unterstützt wird. Als ich am Tage der Übersiedlung nach Leipzig ans Fenster ging, um in gewohnter Weise das Thermometer abzulesen, das ich Tags vorher selbst abgeschraubt hatte, rief ich aus: „Ich besitze keinen anderen Mechanismus, der so schlecht funktionierte, wie mein Gedächtnis, um nicht gar zu sagen, als mein Verstand!“

So können wir also in unserem Körper einen kunstvollen Mechanismus erblicken, und auch die Krankheiten desselben sind durch rein mechanische Ursachen erklärbar. Grossen Nutzen hat schon diese Erkenntnis gebracht, indem sie den mechanischen Eingriffen des Chirurgen Weg und Ziel zeigte, indem sie den wahren Mechanismus der Infektionskrankheiten aufdeckte, diese durch Abhaltung der krankheiterregenden Bakterien verhütete, oder durch deren Tötung heilte. In den meisten Fällen freilich stehen wir noch machtlos den Gewalten der Natur gegenüber, aber die Mechanik hilft uns doch, sie zu begreifen, und damit auch zu ertragen.

Wir haben noch der wunderbarsten mechanischen Theorie auf dem Gebiete der biologischen Wissenschaften zu gedenken, nämlich der Lehre Darwins. Diese unternimmt es, aus dem rein mechanischen Prinzipe der Vererbung, welches an sich freilich wie alle mechanischen Urprinzipe dunkel ist, die ganze Mannigfaltigkeit der Pflanzen- und Tierwelt zu erklären.

Die Erklärung der wunderbaren Schönheit der Blumen, des Formenreichtums der Insektenwelt, der Zweckmässigkeit des Baues der Organe des menschlichen und tierischen Körpers, das alles wird hiermit zur Domäne der Mechanik. Wir begreifen, wieso es für unsere Gattung nützlich und wichtig war, dass gewisse Sinneseindrücke uns schmeichelten und von uns gesucht wurden, andere uns abstiessen; wir ersehen, wie vorteilhaft es war, möglichst genaue Bilder der Umgebung in unserem Geiste zu konstruieren und das, was von diesen mit der Erfahrung stimmte, als wahr, streng auseinander zu halten von dem nicht stimmenden, dem Falschen. Wir können also die Entstehung der Begriffe der Schönheit ebensowohl als der Wahrheit mechanisch erklären.

Wir verstehen aber auch, warum nur solche Individuen fortexistieren konnten, welche gewisse höchst verderbliche Einwirkungen mit der ganzen Intensität ihrer Nervenkraft verabscheuten und hintan zu halten suchten, andere für ihre oder die Erhaltung der Gattung notwendige, aber mit gleicher Lebhaftigkeit anstrebten. Wir begreifen so, wie sich die ganze Intensität und Macht unseres Gefühlslebens entwickelte, Lust und Schmerz, Hass und Liebe, Wunsch und Furcht, Seligkeit und Verzweiflung. Geradeso,

wie unsere körperlichen Krankheiten können wir auch die ganze Stufenleiter unserer Leidenschaften nicht loswerden, aber wir lernen sie wiederum begreifen und ertragen.

In erster Linie wird es nun ohne Frage für jedes Individuum von Wichtigkeit sein, dass sein Streben auf die eigene Erhaltung gerichtet ist, und es erscheint der Egoismus nicht als Fehler, sondern als Notwendigkeit. Aber für die Erhaltung der Gattung ist es von grösstem Nutzen, wenn die verschiedenen Individuen sich unterstützen, und beim Zusammenwirken der Einzelne sich dem Ganzen unterordnet. So verstehen wir die Notwendigkeit von Eigensinn und Trotz schon beim Kinde, aber auch von Zusammenhalten und Geselligkeit im gemeinsamen Spiele; wir verstehen an unserem Geschlechte Eigennutz und Mitgefühl, Scham und Begierde, Freiheitsliebe und Knechtssinn, Tugend und Laster, Todesfurcht und Todesverachtung. Welchen Vorteil gewährt es für einmütiges Wirken im Frieden und Kriege, wenn sich der Jüngling für Grosses und Edles, Freundschaft und Liebe, Freiheit und Vaterland begeistert, aber wie leicht artet wieder dieser Trieb zum Phrasentum, zur thatenlosen Schwärmerei aus. Die Empfänglichkeit für Erhebung des Herzens und Begeisterung musste sich daher ebenso notwendig in unserem Geschlechte bilden, wie Nüchternheit und Egoismus, als deren notwendiges Gegengewicht. So begreifen wir aus mechanischen Ursachen, dass der Jüngling für die Poesie Schillers erglüht, und so viele die Dichtungen Heines verurteilen, welche doch wieder auf andere so mächtig und unwiderstehlich wirken. Es muss ja auch das Wasser des aufsteigenden Springbrunnens eine lebendige Kraft besitzen, welche für sich allein im stande wäre, es in den unendlichen Raum hinauszuschleudern; aber ebenso mechanisch notwendig ist die Gegenwirkung der Schwere und des Druckes unzähliger Luftteilchen, die es wieder rechtzeitig zur mütterlichen Erde zurückführen. Wollte man sich pikant ausdrücken, so könnte man sich zur Behauptung versteigen, dass nicht nur das abscheulichste Laster, sondern auch die höchste Tugend gewissermassen eine Verirrung ist, darin begründet, dass unsere angeborenen Triebe übers Ziel hinausschiessen. Denn allzu grosser Idealismus trübt den praktischen Sinn und ist daher das der banausischen Gesinnung entgegengesetzte auch wieder schädliche Extrem. Solche Paradoxa liegen näher, als man glaubt und entstehen immer bei Betrachtung der Dinge von einem einseitigen Standpunkte, wie die Zerrbilder bei Anwendung von Cylinder- oder Kegelspiegeln. In ähnlicher Weise hat man behauptet, dass das Genie eine Geisteskrankheit sei.

Ja nicht einmal für seine Gattung allein kann der Mensch das Ideal beanspruchen. Dadurch, dass er ihn für Untreue peitschte, für Treue fütterte, hat er dem Hunde die Treue gerade so anerzogen, wie der Kuh die reichliche Milchabsonderung, der Gans die grosse Leber. Der anhänglichere Hund wurde im Kampfe ums Dasein vom Menschen stets begünstigt und so wuchs Anhänglichkeit und Treue beim Hundegeschlechte in immer grösserem Masse. Wenn nun, wie es oft vorkommt, ein Hund, der seinen Herrn verloren hat, nicht mehr frisst und vor Gram langsam zu Grunde geht, ist das nicht ein Idealismus, wie wir ihn kaum beim Menschen finden, sicherlich nicht bei Dienern unserer modernen Zeit! Daher war mancher Philosoph versucht, den Hund moralisch höher zu stellen als den Menschen, wie man sich versucht fühlen kann, die automatische Nestbaukunst des Vogels über die mühsam erlernte und Irrtümern unterworfene des Architekten zu stellen.

In der Natur und Kunst herrscht also die allgewaltige Mechanik, sie herrscht auch ebenso in der Politik und dem sozialen Leben. Vermöge des mächtigen Triebes nach Selbständigkeit, von dem wir sahen, dass er sich schon im Kinde mit Notwendigkeit entwickeln muss, lässt sich der Einzelne nur ungern von anderen beherrschen und liebt in gesellschaftlichen Vereinigungen, Städten, Gemeinwesen und im Staate die republikanische Regierungsform. Aber dieser stellen sich auf der anderen Seite wieder mechanische Schwierigkeiten entgegen. Jeder, der öffentlichen Debatten beigewohnt hat, weiss, ein wie schwerfälliger, zu raschem, konsequentem Handeln ungeeigneter Organismus eine öffentliche Versammlung ist und wie häufig diese wegen des geringen Teiles von Verantwortlichkeit, der auf den Einzelnen entfällt, Fehler in der Beschlussfassung macht. Noch erleichtert wird dies durch den Umstand, den Schiller mit den Worten charakterisiert: „Verstand ist stets bei wenigen nur gewesen.“ Aus diesen Ursachen erhellen wieder die Vorteile der Herrschaft Weniger oder eines Einzelnen. So beruht in der That das Zusammenwirken der verschiedenartigsten Persönlichkeiten in Volksversammlungen ebenso wie die meisterhafte Lenkung der widerstrebenden Willensäusserungen der Menge durch einen Einzelnen auf der Mechanik der Psychologie. Bismarck durchschaute die Seele seiner politischen Gegner so klar, wie der Maschinentechniker das Räderwerk seiner Maschine und wusste so genau, wie er sie zu den gewünschten Handlungen zu bewegen habe, als der Maschinist weiss, auf welchen Hebel er drücken muss. Die begeisterte Freiheitsliebe eines Cato, Brutus und Verrina entstammt Gefühlen, die durch rein mechanische Ursachen in ihrer Brust keimten und es erklärt sich wiederum mechanisch, dass

wir mit Behagen in einem wohlgeordneten monarchischen Staate leben und doch gerne sehen, wenn unsere Söhne den Plutarch und Schiller lesen und sich an den Reden und Thaten schwärmerischer Republikaner begeistern. Auch hieran können wir nichts ändern; aber wir lernen es begreifen und ertragen. Der Gott, von dessen Gnade die Könige regieren, ist das Grundgesetz der Mechanik.

Es ist bekannt, dass die Darwinsche Lehre keineswegs bloss die Zweckmässigkeit der Organe des menschlichen und tierischen Körpers erklärt, sondern auch davon Rechenschaft giebt, warum sich oft Unzweckmässiges, rudimentäre Organe, ja geradezu Fehler in der Organisation bilden konnten und mussten.

Nicht anders geht es auf dem Gebiete unserer Triebe und Leidenschaften. Durch die Anpassung und Vererbung konnten sich bloss die Grundtriebe herausbilden, welche im grossen und ganzen für die Erhaltung des Individuums und Geschlechtes notwendig sind. Es ist dabei nicht zu vermeiden, dass in einzelnen Fällen diese Grundtriebe falsch wirken und unnütz, ja sogar schädlich werden. Oft schiessen die uns angeborenen Triebe gewissermassen über das Ziel hinaus. Die Kraft, mit der sie sich unserem Geiste assoziiert haben, um gewisse Wirkungen zu erzielen, ist so enorm, dass wir sie nicht sofort wieder loswerden können, wenn diese Wirkungen erzielt sind und nunmehr der zur Gewohnheit gewordene Trieb überflüssig oder schädlich ist. So übertrifft für das neugeborene Kind der Trieb des Saugens alle anderen an Wichtigkeit; kein Wunder daher, dass er auch alle anderen an Intensität übertrifft und später lästig wird, wenn das schon vernünftig gewordene Kind ihn oft unglaublich lange nicht mehr loswerden kann. Die Erwachsenen belächeln dies und doch nimmt bei ihnen das unzweckmässige und verkehrte Fortwirken des zur Erhaltung der Art dienenden Triebes nicht selten noch viel absurdere Formen an.

Analoge Erscheinungen finden sich auf rein geistigem Gebiete. So haben wir unsere Gefühle so sehr an bestimmte Vorstellungen und Eindrücke assoziiert, dass uns eine geschickt abgefasste erfundene Erzählung oder ein Theaterstück weit mehr zu Herzen geht als ein kurzer wahrheitsgetreuer Bericht eines wirklichen Unglückes von Personen, die uns ferne stehen.

Ähnliche Wirkungen kommen im Gebiete des philosophischen Denkens vor. Wir sind gewohnt, den Wert oder Unwert der verschiedenen Dinge zu beurteilen, je nachdem sie für unser Leben förderlich oder schädlich sind. Dies wird uns so zur Gewohnheit, dass wir schliesslich über den Wert oder Unwert des Lebens selbst urteilen zu können glauben, ja dass über dieses verkehrte Thema ganze Bücher geschrieben wurden.

Nach meiner Überzeugung sind die Denkgesetze dadurch entstanden, dass sich die Verknüpfung der inneren Ideen, die wir von den Gegenständen entwerfen, immer mehr der Verknüpfung der Gegenstände anpasste. Alle Verknüpfungsregeln, welche auf Widersprüche mit der Erfahrung führten, wurden verworfen und dagegen die allzeit auf Richtiges führenden mit solcher Energie festgehalten und dieses Festhalten vererbte sich so konsequent fort auf die Nachkommen, dass wir in solchen Regeln schliesslich Axiome oder angeborene Denknotwendigkeiten sahen. Aber auch hier, also selbst in der Logik, ist ein über das Ziel Hinausschiessen nicht ausgeschlossen. Ja gerade wegen der Abstraktheit und scheinbaren Durchsichtigkeit des Gebietes äfft es uns in solchen Fällen am allermeisten. Ich sehe hierin den Ursprung jener Widersprüche, welche bei Kant als Antinomien, in neuerer Zeit als Welträtsel bezeichnet werden. Es sei mir gestattet, einige derartige Beispiele anzuführen. Wir haben fortwährend Begriffe in einfachere Elemente zu zerlegen, Erscheinungen aus uns schon bekannten Gesetzen zu erklären. Diese so überaus nützliche und notwendige Thätigkeit wird uns nun so zur Gewohnheit, dass der zwingende Schein entsteht, es müssten auch die einfachsten Begriffe noch in ihre Elemente zerlegt, auch die Elementargesetze noch auf einfachere zurückgeführt werden.

Fragen, wie die nach der Definition des Zahlbegriffes, nach der Ursache des Kausalitätsgesetzes, nach dem Wesen der Materie, Kraft, Energie etc. drängen sich immer wieder unwiderstehlich auf, selbst dem philosophisch Geschulten. Er ist überzeugt, dass diese Begriffe direkt aus der Erfahrung entnommen und nicht weiter erklärbar sind, dass also hier einfach die unwiderstehlich gewordene Denkgewohnheit, nach der Ursache und Definition zu fragen, über das Ziel hinausschiesst, trotzdem kann er eine gewisse zurückbleibende Unbefriedigtheit darüber nicht überwinden, dass so wichtige Begriffe, wie der der Zahl oder der der Kausalität, jedem Versuche spotten, sie zu definieren. Es geht hier ähnlich, wie wenn eine Gesichtstäuschung noch immer nicht verschwindet, selbst nachdem man ihre mechanische Ursache klar erkannt hat.

Noch ein Schritt weiter ist es, wenn wir es unerklärlich und rätselhaft finden, dass wir selbst oder dass überhaupt irgend etwas existiert und diesen Gedanken nicht ganz loswerden, selbst wenn wir erkannt haben, dass hier der Begriff des Rätselhaften so wenig Anwendung finden kann, wie der Begriff des Wertes oder Unwertes bei Beurteilung des ganzen Lebens.

Ein anderes hierher gehöriges Beispiel liefert die schon alte jetzt als Solipsismus bezeichnete Verirrung. Gleichwie es mechanisch erklärbar ist, dass eine Blutwelle in unserem Ohre die Empfindung eines Tones erzeugen kann, dem kein äusserer Eindruck entspricht oder, dass wir Nachbilder heller Gegenstände noch wahrnehmen, nachdem diese unserem Blicke entschwunden sind; ja dass wir selbst in vollkommener Finsternis mannigfaltige, oft phantastische Gebilde sehen, denen keinerlei Gegenstände entsprechen, so ist es auch begreiflich, dass unser Bewusstseinsorgan im Traume eine von der Aussenwelt ganz unabhängige phantastische Thätigkeit entfaltet. Eine ähnliche in gemildertem Masse auftretende Thätigkeit ist als Phantasie sogar zur Bildung neuer Ideenverbindungen nützlich und notwendig. Aber auch diese schiesst wieder oft über das Ziel hinaus. Der naive Mensch betrachtet Sonne und Mond, Bäume und Quellen als beseelte Wesen, aber auch der gebildete denkt sich jede Kraft noch unter dem Bilde einer menschlichen Kraftanstrengung. In diesen Fällen ist dann eine strenge Kontrolle, eine scharfe Negation von allem bloss Hinzugeträumten notwendig. Diese wird durch häufige Übung wieder zur Gewohnheit. Indem man sie auf die Spitze treibt und auch anwendet, wo sie nicht hingehört, kommt man zur Idee, dass überhaupt alle unsere Vorstellungen Träume seien und nichts existiere, als der vorstellende, also ein einziger träumender Mensch. Diese Verirrung ist ebenso vom Standpunkte der Darwinschen Theorie begreiflich, wie die Entwicklung unserer normalen Vorstellungsthätigkeit. Die mechanische Natur der letzteren wird aber neuerdings dokumentiert durch die Möglichkeit ihrer Verwirrung schon im gesunden Zustande durch Schlaf, mehr aber noch im kranken durch Hallucinationen, Fieberphantasien und Wahnsinn.

Vom Standpunkt der Darwinschen Theorie ist auch das Verhältnis des Instinktes der Tierwelt zum Verstande des Menschen begreiflich. Je vollkommener ein Tier ist, desto mehr treten bei demselben neben dem Instinkte bereits Spuren von Verstand auf.

Einem Tiere, das nur einer geringen Zahl von Handlungen bedarf, welche zudem fortwährend unter ausserordentlich ähnlichen Verhältnissen zu erfolgen haben, ist es von höchstem Nutzen, wenn ihm, ohne dass es viel zu überlegen braucht, sogleich der Trieb zur richtigen Handlungsweise direkt angeboren ist, wie dem Vogel, der ohne Unterweisung vermöge angeborenen Instinktes mit bewunderungswürdiger Kunstfertigkeit Nester zu bauen versteht. Uns erschiene es wohl auf den ersten Anblick als ein weit vollkommenerer Zustand, wenn wir ohne Unterricht und ohne vieles Nachdenken stets das Richtige zu treffen wüssten. Während es aber unter den einfachen Bedingungen, unter denen sich jene Tiere befinden, das Leichtere und minder Komplizierte war, dass sich ihnen der Trieb zur ganzen Handlungsweise in summa vererbte, so steht dies wieder jeder Anpassung an geänderte Verhältnisse, jedem Fortschritte entgegen und unter komplizierten Lebensbedingungen erweist sich die dem Menschen angeborene Fähigkeit bei weitem überlegen, sich innere Bilder der äusseren Ereignisse zu konstruieren, mittels derselben Erfahrungen zu sammeln und diesen gemäss die Handlungen in jedem Falle regulieren zu können.

Übrigens tritt beim Menschen der Instinkt zwar sehr zurück, seine Spuren sind aber doch überall noch bemerkbar, und zwar keineswegs bloss in Fällen, wie der schon erwähnte Saugtrieb, oder der Nachahmungstrieb der Kinder, sondern auch bei allen elementaren das Nachdenken unterdrückenden oder ihm vorauseilenden Trieben der Erwachsenen. Der Schreck bei einem plötzlichen Geräusche, die Furcht bei plötzlicher Gefahr kommen ebenso unserm verständigen Handeln wider unsern Willen zuvor, wie der Zorn bei einem jähen Angriffe. Die ererbte Gewohnheit, gegen starke Eindrücke heftig zu reagieren, welche nützlich ist, um unserem Handeln den nötigen Nachdruck und die nötige Lebhaftigkeit zu verleihen, übt da eine unbezwingliche Wirkung aus und wird schädlich, wenn sie der Überlegung allzusehr vorauseilt. Überhaupt entstammen die Grundtriebe unseres Charakters, sowohl Genussucht und Trägheit, als auch Ehrgeiz, Herrschsucht, Mitleid und Neid ererbten Anlagen, also in erster Linie angeborenen Instinkten. Wieweit sind wir davon entfernt, dass reine Verstandesgründe die Motive aller unserer Handlungen wären? Die innersten Impulse zu denselben entstammen noch immer meist angeborenen Trieben und Leidenschaften, also ohne unser Zuthun in uns keimenden Instinkten, welche, wenn sie den Verstand beherrschen, zwar schädlich und verwerflich werden, aber doch notwendig sind, um unserer Handlungsweise Lebhaftigkeit, unserem Charakter seine eigentümliche Färbung zu verleihen. Das Weltgetriebe erhält sich, wie Schiller sagt, „heute wie ehemals durch Hunger und durch Liebe und die Zeit ist noch ferne, wo Philosophie den Ring der Welt zusammenhält."

Einen instinktiven Charakter hat auch der Aberglaube, welchen oft selbst die gebildetsten Menschen nicht ganz loswerden. Derselbe entsteht durch Fortwirken unseres Kausalbedürfnisses in Fällen, wo dazu keine Berechtigung vorhanden ist. Die Gewohnheit überall Kausalverbindungen zu suchen, veranlasst uns, rein zufällig scheinende Ereignisse mit irgend anderen,

oft ganz heterogenen kausal zu verknüpfen, und das Gesetz von Ursache und Wirkung, welches richtig angewandt die Grundlage aller Erkenntnis ist, wird zum Irrlichte, das uns auf falsche Pfade führt.

Nun erübrigt noch zu erinnern, wie gut auch der ganze Mechanismus der sozialen Einrichtungen in den Rahmen unserer Betrachtungen passt. Da haben wir unzählige Anstandsregeln und Höflichkeitsformen teilweise so unnatürlich und gezwungen, dass sie vom Standpunkt einer unbefangenen Überlegung, die man öfters Vernunft nennt, die aber die Allmacht der Mechanik vergisst, absurd und lächerlich erscheinen. Diese Anstandsregeln sind nicht zu allen Zeiten dieselben; bei fremden Völkern weichen sie von den unseren oft so sehr ab, dass wir ganz verwirrt werden; aber sie müssen sein.

Die Thätigkeit der Konservativen, der pedantischen zopfigen steifen Anstandsrichter, die über die genaue Beobachtung jeder hergebrachten Sitte und jeder Regel für den gesellschaftlichen Verkehr, über genaue Verwendung aller ihrer Titel bei Ansprachen und Zubilligung aller ihrer gesellschaftlichen Vorrechte wachen, erscheint uns oft lächerlich; aber sie ist wohlthätig und muss sein, damit nicht Verrohung des gesellschaftlichen Verkehrs eintritt. Dafür, dass sie nicht zur Versteinerung des Geistes führt, sorgen wieder die Emanzipierten, Ungezwungenen, die hommes sans gêne. Beide Gattungen von Menschen bekämpfen einander und halten zusammen die Gesellschaft im richtigen Gleichgewicht.

Auf einem ganz andern Gebiete des sozialen Lebens wirkt ein anderer Mechanismus bei steter regster Bewegung immer das Gleichgewicht bewahrend, einer der grossartigsten bewunderungswürdigsten Mechanismen, die die Menschheit geschaffen hat, der des Kapitals, des Geldes. Man lese Zolas Roman „L'argent". Den primitiven Tauschhandel der Urvölker hat es derart verfeinert, dass die verschiedenen Formen des Geldes mit allen Gesetzen und hergebrachten Regeln des kaufmännischen und Börsenverkehrs bewunderungswürdiger ineinandergreifen als die Räder des kompliziertesten Uhrwerks, und mit gleicher Lebhaftigkeit, Sicherheit und Präzision arbeiten wie die bestkonstruierten Elektromotoren.

Wer zu kurz gekommen, schimpft über den Mammon; der Schwindler, der die Regeln aus Gewinnsucht verdreht, wird ausgestossen wie unbrauchbare Stoffe aus einem lebenden Organismus; aber für unsere moderne Civilisation ist der Geld- und Börsenverkehr ebenso wichtig als die Buchdruckerkunst, der Dampf, die Elektrizität.

Übt der Einzelne nicht eine Zaubermacht aus, wenn ihm eine Menge an sich ganz wertloser Metallstücke zum Mittel wird, Paläste, Parke, Yachten, kurz, alles zu schaffen, was das Leben verschönt, ja Preise zu stiften, die noch lange nach seinem Tode zur Schaffung von Meisterwerken der Kunst und Wissenschaft wesentlich beitragen? Doch der Zauberer selbst, unterliegt er nicht auch wieder den Gesetzen der Mechanik, wenn ihm die falsche Stellung eines Häutchens in seinem Herzen, der Wandbruch eines Äderchens in seinem Gehirne die Benutzung aller angesammelten Herrlichkeiten entzieht und mit einem Schlage den Mächtigen in ein Stück toten Stoffes verwandelt?

Ja auch die Verspottung des Papiergeldes scheint mir ein einseitiger Standpunkt zu sein. Dieses hat doch wohl auch eine andere Seite als die in Goethes Faust in so grelles Licht gesetzte. Ja wenn wir darunter alle Wertpapiere, Obligationen, Wechsel u. dergl. einbegreifen, so ist es geradezu die Krone des wichtigsten Teiles des menschlichen Verkehrs, des Mechanismus, der Mein und Dein den heutigen komplizierten Bedürfnissen entsprechend regelt.

Um vom Grossartigen wieder zum Kleinlichen überzugehen, erinnere ich, das der unwiderstehliche, im Falle geringen Nachlassens durch Klatschsucht stets wieder geschärfte Trieb zum Putzen durch Entfernungen aller schädlichen Ansteckungsstoffe aus den Wohnungen von höchstem Nutzen ist. Freilich schiesst er übers Ziel hinaus, wenn z. B. Messingteile stets blank erhalten werden, deren Patina nicht nur unschädlich, sondern bei der heutigen grellen Abendbeleuchtung sogar dem Auge wohlthätig wäre. Aber ich will beileibe nicht behaupten, dass wir besser daran wären, wenn das Staubabwischen den Bakteriologen an stelle der Hausbediensteten übertragen würde.

Weitere Beispiele für meine These zu finden, wäre ich nicht verlegen; ich wäre eher verlegen, irgend einen Vorgang zu finden, der nicht Beispiel dafür wäre.

Wir haben hiermit nicht nur unsere körperlichen Organe, sondern auch unser Seelenleben, ja Kunst und Wissenschaft, Gefühlseindrücke und Begeisterung zur Domäne der Mechanik gemacht. Ist nun die Mechanik zur Darstellung dieser Dinge nicht in der That allzu mechanisch? Selbst der komplizierteste von Menschenhand verfertigte Mechanismus, wie geringfügig und leblos ist er gegenüber dem einfachsten pflanzlichen oder tierischen Gebilde!

Ich sehe voraus, welch ein Grauen bei meinen letzten Ausführungen den Schwärmer befällt, wie er fürchtet, dass alles Grosse und Erhabene zum toten fühllosen Mechanismus entwürdigt wird und alle Poesie dahinsinkt. Aber mir scheint all diese Furcht auf einem völligen

Missverständnisse des Vorgebrachten zu beruhen.

Unsere Ideen von den Dingen sind ja niemals mit dem Wesen derselben identisch. Es sind blosse Bilder, oder vielmehr Zeichen dafür, welche das Bezeichnete notwendig einseitig darstellen, ja nichts weiter leisten können, als dass sie gewisse Arten der Verknüpfungen daran nachahmen, wobei das Wesen völlig unberührt bleibt.

Wir brauchen also von der Schärfe und Bestimmtheit unserer früheren Ausdrücke nichts zurückzunehmen. Wir haben damit doch nichts weiter gethan, als dass wir eine gewisse Analogie zwischen den seelischen Phänomenen und den einfachen Mechanismen der Natur behauptet haben. Wir haben nur ein einseitiges Bild konstruiert zum Behufe der Versinnlichung gewisser Verknüpfungen der Erscheinungen und Voraussage neuer uns unbekannter. Neben diesem einen Bilde können und müssen aber wegen seiner Einseitigkeit andere einhergehen, welche die innerliche, die ethische Seite des Gegenstandes darstellen und die Erhebung unserer Seele durch die letzteren wird nicht mehr gemindert werden, sobald wir vom mechanischen Bilde die richtige Auffassung haben. Dasselbe wird nur dort anzuwenden sein, wo es hingehört; aber wir werden seinen Nutzen nicht bestreiten und bedenken, dass auch die erhabensten Ideen und Vorstellungen doch wieder nur Bilder, nur äussere Zeichen für die Art der Verknüpfung der Erscheinungen sind.

Damit entfällt auch der Einwand, der wohl vielleicht gegen meine Ausführungen erhoben werden wird, dass dieselben der Religion zuwiderliefen. Nichts ist verkehrter, als die auf ganz anderer ungleich festerer Basis ruhenden religiösen Begriffe mit den schwankenden subjektiven Bildern in Verbindung zu bringen, welche wir uns von den Aussendingen machen. Ich wäre der letzte, der die vorgebrachten Ansichten aufstellte, wenn sie irgend eine Gefahr für die Religion bergen würden. Aber ich weiss gewiss, dass die Zeit kommen wird, wo jedermann einsieht, dass dieselben für die Religion ebenso irrelevant sind, wie die Frage, ob die Erde still steht oder sich um die Sonne bewegt.

Indes das Prinzip der mechanischen Erklärung seine Herrschaft im Reiche der gesamten Wissenschaft immer mehr ausdehnte, verlor es merkwürdigerweise auf seinem eigensten Gebiete, dem der theoretischen Physik, wieder an Boden. Die Ursache davon lag, wie dies auch bei erobernden Nationen oft der Fall ist, teils im inneren Zwiespalte, teils auch in äusseren Verhältnissen.

Während man mit dem grössten Erfolge bestrebt war, die Anwendungen der Mechanik bis ins kleinste Detail auszuarbeiten, trat eine Richtung auf, welche an den Grundpfeilern derselben zu rütteln begann und auf Unklarheiten in den Prinzipien der Mechanik hinwies. Der Grund legende Begriff der Mechanik ist der der Bewegung. Der Begriff der reinen von jeder andern Veränderung losgelösten Bewegung tritt nur bei der Betrachtung starrer Körper vollkommen klar zu Tage. Hier haben wir in der That ein vollkommen unveränderliches Gebilde, an dem sich nichts als seine Lage im Raume verändert. Es giebt nun in der Natur keinen vollkommen starren Körper, aber allerdings feste Körper, welche ihre Gestalt während der Bewegung nur unmerklich ändern. Die Gestaltveränderungen der Flüssigkeiten und Gase sucht man ungezwungen auf die Bewegung ihrer kleinsten Teile zurückzuführen. Sie haben ja in der That schon für das Auge Ähnlichkeit mit den Formveränderungen eines Sandhaufens, der aus einzelnen, sinnlich wahrnehmbaren Körnern besteht. Dennoch liegt für die wirkliche Flüssigkeit etwas Hypothetisches in der Annahme, dass sich auch bei dieser jedes einzelne Teilchen zu allen Zeiten identifizieren lässt. Erfahrungsmässig ist uns ja nur die Unveränderlichkeit der Gesamtmasse und des Gesamtgewichtes gegeben.

Man suchte nun a priori zu beweisen, dass sich jede auch scheinbar qualitative Veränderung auf eine Bewegung kleinster Teile zurückführen lassen müsse, da eine Bewegung der einzige Vorgang sei, wobei der bewegte Gegenstand immer derselbe bleibt. Ich halte alle derartigen metaphysischen Gründe für unzureichend. Freilich den Begriff der Bewegung müssen wir jedenfalls bilden. Wenn sich daher alle scheinbar qualitativen Veränderungen unter dem Bilde von Bewegungen oder Änderungen der Anordnung kleinster Teile darstellen liessen, so würde dies zu einer besonders einfachen Naturerklärung führen. Die Natur würde uns dann am begreiflichsten erscheinen. Allein wir können sie dazu nicht zwingen. Die Möglichkeit, dass dies nicht angeht, dass wir zur Darstellung der Natur auch noch andere Bilder von anderen Veränderungen notwendig haben, muss offen gelassen werden und es ist begreiflich, dass die Berücksichtigung dieser Möglichkeit gerade durch die neuere Entwickelung der Physik nahe gelegt wurde.

Die mechanische Physik hatte sich alle Körper als Aggregate materieller Punkte gedacht, welche direkt in die Ferne aufeinander wirken. In ganz kleine (molekulare) Entfernungen sollten die Kohäsions-, Adhäsions- und chemischen Kräfte wirken, in weitere Distanzen die Gravitation. Neben der ponderabeln Materie wurde noch der Lichtäther angenommen, den man sich vollkommen analog einem festen Körper

dachte, wogegen man die elektromagnetischen Erscheinungen, wie wir schon eingangs erörterten, durch die elektrischen und magnetischen Fluida erklärte, deren Teilchen ebenfalls direkt in die Ferne aufeinander wirken sollten. Die letztere Hypothese wusste lange allen beobachteten Erscheinungen gerecht zu werden. Erst vor wenig mehr als 10 Jahren gelang es Hertz, durch Versuche zu beweisen, dass, wie schon Faraday und Maxwell vermutet hatten, die elektrischen und magnetischen Kräfte nicht unmittelbar in die Ferne wirken, sondern durch Zustandsveränderungen bedingt sind, welche sich mit der Lichtgeschwindigkeit von Volumelement zu Volumelement fortpflanzen. Dadurch erhielt die altehrwürdige Theorie der elektrischen Fluida einen Stoss, dem sie auch bald erlag. Aber auch noch eine andere Theorie wurde durch Hertz' Versuche getroffen. Es zeigten nämlich die Gesetze der Fortpflanzung der elektromagnetischen Wellen eine so absolute Übereinstimmung mit den Gesetzen der Lichtbewegung, dass an der Identität beider Erscheinungen nicht mehr gezweifelt werden konnte. War damit auch noch nicht definitiv widerlegt, dass das Licht auf einer schwingenden Bewegung der kleinsten Teilchen eines Lichtäthers beruht, so war doch erwiesen, dass dieser Lichtäther sicherlich andere viel kompliziertere Eigenschaften haben muss, als man ihm bisher beigelegt hatte. Hierdurch gewann die Theorie der Elektrizität und des Magnetismus ein solches Übergewicht, dass von einigen Seiten der Versuch gemacht wurde, an Stelle der mechanischen Hegemonie in der theoretischen Physik eine solche des Elektromagnetismus zu setzen, indem man versuchte, umgekehrt die einfachsten Gesetze der Mechanik aus der Theorie des Elektromagnetismus herzuleiten.

Anderseits war man gegen alle Hypothesen mistrauisch geworden und beschränkte die Aufgabe der Theorie darauf, eine nirgends über das erfahrungsmässig Gegebene hinausgehende Beschreibung der Erscheinungen zu liefern. Man hat da die Wahl zwischen 2 extremen Methoden. Macht man zu spezielle Hypothesen, so läuft man Gefahr, Überflüssiges und sogar Unrichtiges in den Vorstellungskreis aufzunehmen. Sucht man sich dagegen aller Hypothesen zu entschlagen, so wird die Theorie unbestimmt und ungeeignet, ganz neuartige Erscheinungen vorauszusagen und so das Experiment auf neue Bahnen zu lenken. Man begreift, dass auf eine Zeit allzu kühner Hypothesen eine entsprechende Reaktion folgte.

Dazu kam, dass ein Begriff, dessen Wichtigkeit schon von Leibniz klar erkannt wurde und der längst in der Mechanik eine bedeutende Rolle spielte, sich allmählich zum mächtigen, die ganze Erscheinungswelt umfassenden Bande herauswuchs, nämlich der der Energie. Obwohl abstrakter als der Begriff der Materie, konnte er doch auch bei jenen Erscheinungen noch genau verfolgt und sogar quantitativ bestimmt werden, wo uns alle Anhaltspunkte über eine Materie, an die sie etwa gebunden wären, fehlen.

Die Energie zeigt nun in jeder ihrer Erscheinungsformen andere charakteristische Eigentümlichkeiten und doch wieder merkwürdige Analogien, so dass die Lehre von den Wandlungen und Eigenschaften der Energie bald so einflussreich wurde, dass sie auch ihrerseits die Hegemonie in der theoretischen Physik anstrebte und diese zur Energetik zu machen suchte. Ich brauche dies gerade hier nicht weiter zu erörtern, da ja sowohl die extremste Richtung der direkten Fernwirkung, als auch die Energetik je in einer Antrittsvorlesung eines Mitglieds dieser Universität so lichtvoll behandelt wurden.

Was die formale logische Grundlage betrifft, so hatte die alte Mechanik sich dem Dualismus zwischen Kraft und Stoff angeschlossen. Die Materie ist das Bewegliche. Man ist nun gewohnt, für jede spezielle Bewegung die Ursache aufzusuchen. Indem man diese Denkgewohnheit über die Grenzen ihrer Berechtigung ausdehnte, also in ihrer Anwendung über das Ziel hinausschoss, glaubte man auch dafür, dass überhaupt Bewegungserscheinungen eintreten, eine besondere von der Materie getrennte Ursache annehmen zu müssen, welcher man den Namen Kraft gab und neben der Materie eine besondere Existenz zuschrieb. Kirchhoff leugnete die Notwendigkeit hiervon und glaubte, mit der blossen Annahme der Materie und der Thatsache ihrer Bewegung nach bestimmten zu beschreibenden Gesetzen ausreichen zu können. Er behielt jedoch die direkte Fernwirkung bei. Wenn wir aber ernstlich fragen, was von derselben nach unsern heutigen Anschauungen übrig geblieben ist, so finden wir nicht mehr viel. Die elektrischen und magnetischen Kräfte wirken nicht in die Entfernung, sondern von Volumelement zu Volumelement. Von den elastischen und chemischen Kräften von der Adhäsion und Kohäsion, deren Wirkungsbereich ohnedies ein winzig kleiner ist, kann ebenfalls keine direkte Fernwirkung nachgewiesen werden. Es bleibt nur die Gravitation, aber auch hier lässt die Analogie des Wirkungsgesetzes mit dem der elektrostatischen und magnetischen Kräfte die Vermittelung durch ein Medium wahrscheinlich erscheinen.

Wenn auch Newton selbst die direkte Fernwirkung nur als einen Notbehelf erklärte, so ist doch das ganze Gebäude der klassischen Mechanik auf die Idee derselben zugeschnitten.

Es kann uns daher nicht wundern, dass Hertz dasselbe von Grund aus zu reformieren suchte und an Stelle der beschleunigenden Wirkungen Bedingungsgleichungen setzte. Aber auch Hertz konstruierte die Materie aus materiellen Punkten. Dieselben üben zwar keine Kräfte in die Ferne aufeinander aus, aber die Bedingungen, welche zwischen ihnen bestehen, verbinden entfernte Punkte ebenso unvermittelt direkt miteinander. Hertz setzt also an Stelle der Fernwirkungen gewissermassen Fernbedingungsgleichungen.

Brill hat versucht, die Hertzsche Methode auf Kontinua anzuwenden und es gelang ihm auf diese Weise die Ableitung der Bewegungsgleichungen für inkompressible Flüssigkeiten. Man könnte nun nach Lord Kelvin die Natur aus einem Wechselspiele von Wirbelringen oder sonstigen Bewegungserscheinungen in einer solchen Flüssigkeit erklären, in der auch starre Gebilde eingetaucht sein könnten. Man hätte dann in der That ein Bild der gesamten Erscheinungswelt ganz auf dem Boden der Hertzschen Mechanik gewonnen. Aber man sieht sofort, es wäre nicht gar viel von den alten phantastischen Weltbildern verschieden. Der Gewinn wäre bei weitem nicht so gross, als es die schöne philosophische Grundlage der Hertzschen Mechanik verspricht. Die letzte in einer anderen hypothesenfreieren Weise auszubauen, ist aber bisher nicht gelungen.

Verlocken die neuesten Ansichten über den Elektromagnetismus nur das Heil ausschliesslich in der Wirkung von Volumelementen auf benachbarte zu suchen, so veranlassten gerade auch wieder in neuester Zeit gewisse an Kathodenstrahlen und bei der Elektrolyse beobachteten Erscheinungen zur Annahme, dass selbst die Elektrizität eine atomistische Zusammensetzung hat, aus diskreten Elementen, den Elektronen, besteht. Man sieht also, die alte Kantsche Antinomie, der Gegensatz zwischen der Teilbarkeit der Materie ins Unendliche und ihrer atomistischen Konstitution, hält die Wissenschaft noch immer in Atem. Nur betrachten wir gegenwärtig beide Ansichten nicht als solche, die mit inneren logischen, aus den Denkgesetzen entspringenden Widersprüchen behaftet sind, sondern wir sehen in jeder ein von uns konstruiertes inneres Bild und fragen, welches Bild mit mehr Klarheit und Leichtigkeit ausgebaut werden kann und mit der grössten Korrektheit und einem Minimum von Unbestimmtheit die Gesetze der Erscheinungen wieder giebt.

Wenn wir nun zum Schlusse das Resultat unserer Betrachtungen resumieren, so können wir als solches bezeichnen, dass sich eine Seite aller Vorgänge der unbelebten und belebten Natur durch rein mechanische Bilder in einer Exaktheit darstellen, wie man sich ausdrückt, begreiflich machen lässt, wie es sonst in keiner anderen Weise bisher gelungen ist, während andererseits doch alle höheren Bestrebungen und Ideale keine Einbusse erleiden.

Und nun noch ein Wort an Sie, meine künftigen Schüler und studentische Kommilitonen! Seien Sie voll Idealismus und hoher Begeisterung in der Auffassung dessen, was Ihnen in der Alma mater geboten wird, aber in der Verarbeitung seien Sie mechanisch, unermüdlich und gleichförmig fortarbeitend, wie Maschinen.

(II. Vortrag folgt.)

Tagesereignisse.

Die Luftschiffervereine von Augsburg, München, Strassburg, Berlin gründeten am 28. Dezember 1902 in Augsburg einen deutschen Luftschifferverband. Derselbe bezweckt die Förderung gemeinsamer Interessen der Luftschiffahrt, insbesondere die Herausgabe einer Verbandszeitung, eines Verbandsjahrbuches, einer Führerinstruktion u. s. w. In den Verbandsvorstand wurden gewählt: Geheimrat Busley-Berlin, General Neureuther-München, Professor Hergesell-Strassburg und Hauptmann v. Parseval-Augsburg.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Zum o. Professor der Mathematik an der Universität München wurde der o. Professor an der Universität Würzburg Dr. Aurel Voss an Stelle des in den Ruhestand tretenden Gustav Bauer ernannt.

Professor Hantzsch-Würzburg erhielt den Ruf als Professor der Chemie nach Leipzig, als Nachfolger des Professors Wislicenus.

Es habilitierten sich der erste Assistent am physikalischen Institut der Heidelberger Universität, Dr. phil. Alfred Kalähne, als Privatdozent für Physik, der Assistent für organische Chemie an der Technischen Hochschule zu Hannover, Dr. phil. Keiser in der Abteilung für chemisch-technische und elektro-technische Wissenschaften dieser Hochschule, der erste Assistent am Strassburger chemischen Universitätsinstitut, Dr. phil. Volkmar Kohlschütter, an der Universität Berlin Dr. Otto Eggert.

Dem Mitgliede der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Professor Dr. Thiesen wurde der Charakter eines Geh. Regierungsrates verliehen, ebenso dem o. Professor der Mathematik in der philosophischen Fakultät der Friedrich Wilhelms-Universität zu Berlin Dr. Hermann Amandus Schwarz; dem Privatdozent der Mathematik in der philosophischen Fakultät der Universität zu Halle a. S. Dr. Hermann Grossmann ist das Prädikat „Professor“ beigelegt worden; dem Privatdozenten für Physik und ersten Assistenten des Physikalischen Institutes der Technischen Hochschule München, Dr. Karl Tobias Fischer, wurde Titel und Rang eines a. o. Professors, dem Direktor der Geodätischen Anstalt in Potsdam, Professor Helmert, wurde von der Technischen Hochschule in Aachen die Würde eines Dr. ing. ehrenhalber verliehen.

Die goldene Wilde-Medaille, die von der Litterarischen und Philosophischen Gesellschaft in Manchester alljährlich verliehen wird, ist für das Jahr 1903 dem amerikanischen Chemiker Professor Clarke zugesprochen worden, ferner die nach Dalton benannte Medaille dem englischen Physiker Professor Reynolds.

An der Universität München wurde der Privatdozent der Mathematik Reallehrer Dr. Goettler seiner Funktionen enthoben.

In Erlangen starb der langjährige erste Assistent am dortigen chemischen Laboratorium der Universität, Dr. phil. Karl Stolberg, im 43. Lebensjahre, in Pavia der Professor der Chemie Angelo Mazzucchelli.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.